

Per A-1169

-537



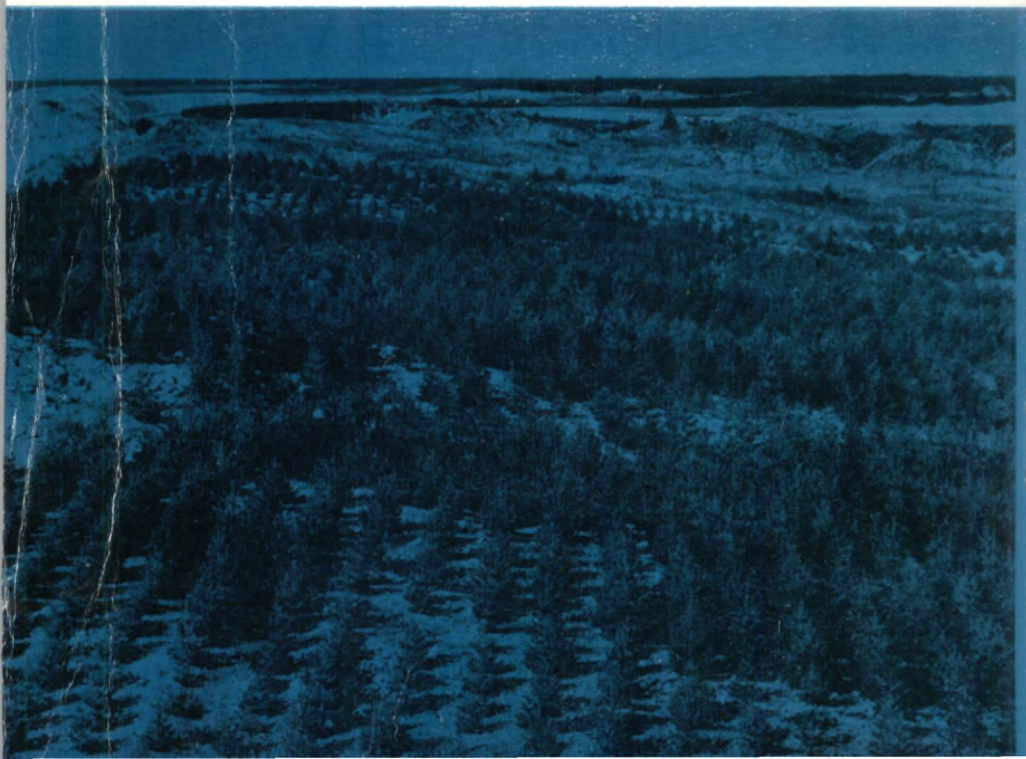
ISSN 0494—7304

0207—4540

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

10

**РАЦИОНАЛЬНОЕ  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И УХОД  
ЗА ЛАНДШАФТОМ В РАЙОНАХ  
ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК**



Р. А. - 1990  
TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS  
ALUSTATUD 1893 a. VIHIK 837 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ в 1893 г.

---

РАЦИОНАЛЬНОЕ  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ  
И УХОД ЗА ЛАНДШАФТОМ  
В РАЙОНАХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

10

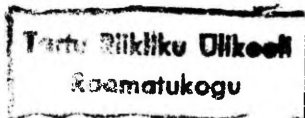
ТАРТУ 1989

**Redaktsiooni kolleegium:**

V. Masing (vastutav toimetaja), H. Mardiste, V. Tšižova, E. Varep,  
L. Vassiljev (toimetaja), A. Voronov.

**Редакционная коллегия**

В. В. Мазинг (отв. ред.), Х. Х. Мардисте, В. П. Чиžова,  
Э. Ф. Вареп, Л. М. Васильев (ред.), А. Г. Воронов.



# **СЛАНЦЕВЫЙ БАССЕЙН ЭСТОНСКОЙ ССР И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЕГО ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК**

## **КОХТЛА-ЯРВЕСКИЙ РЕГИОН — ПРИРОДА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

**И. А. Арольд, Л. М. Васильев**

Тартуский государственный университет

На территориях, богатых интенсивно разрабатываемыми полезными ископаемыми, часто возникают острые, трудно преодолимые противоречия между природопользованием и сохранением природного равновесия.

Одной из таких территорий в Эстонской ССР является Кохтла-Ярвеский регион (рис. 1). Здесь находятся большие залежи горючих сланцев и фосфорита, а поверхность покрыта крупными лесными массивами и болотами, площадь которых здесь больше, чем в других районах республики. Для добычи горючих сланцев заложены и открываются новые огромные карьеры и шахты,

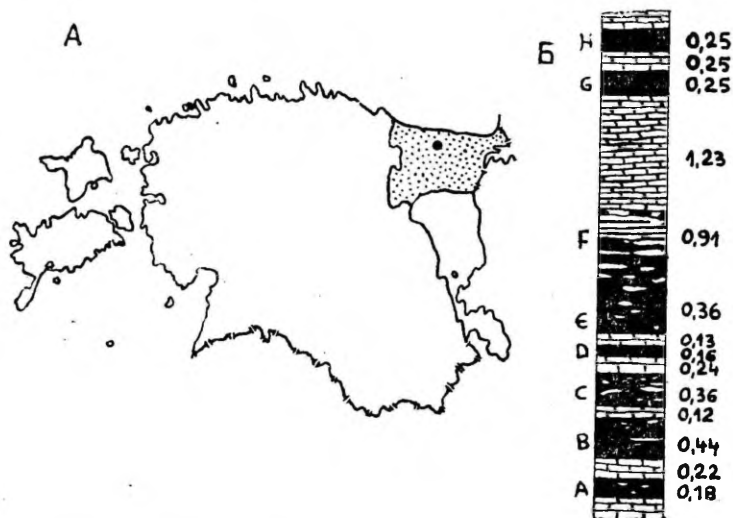


Рис. 1. Северо-Восточная Эстония. А. Кохтла-Ярвеский район. Б. Залегание горючих сланцев.

которые наступают на леса, болота и даже на пашни. На сланцевом сырье работают мощные тепловые электростанции и сланцехимические заводы. Этими обстоятельствами вызваны изменения экологических условий. Именно развитие сланце-энергетического комплекса привело к возникновению серьезных конфликтных ситуаций, которые носят здесь особенно острый характер и имеют наибольшие масштабы.

В связи с этим обстоятельством было решено посвятить очередную XI школу-семинар молодых ученых Тартуского и Московского государственных университетов обсуждению проблем рационального природопользования и ухода за ландшафтом в районах горных разработок и провести ее именно в Кохтла-Ярвском районе.

Ниже дается описание природных условий и естественных ресурсов этого района, а также их использования.

Кохтла-Ярвский район имеет размеры 90×70 км и площадь 3368,9 кв. км. В этом районе размещаются три города республиканского подчинения — Кохтла-Ярве, Нарва и Силламяэ — и 185 сельских населенных пунктов. Города Кохтла-Ярве и Силламяэ являются центрами сланцевой промышленности, а Нарва известна как место размещения крупных предприятий электроэнергетической, текстильной и строительной промышленности.

Сельскохозяйственное производство осуществляется 7 совхозами (67 400 га) и 6 колхозами (42 000 га). Общая площадь пашни — 61 000 га. По данным земельного баланса 1981 г. лесами покрыта площадь 166 900 га, т. е. 52,1 % территории района (лесистость в республике — 39,4 %).

Горючие сланцы добываются в 7 шахтах и 4 карьерах с общей продукцией около 30 млн. т в год; половина этого количества добывается в карьерах. Здесь построен также Орусский торфяной комбинат, выпускающий торфяной брикет.

Кохтла-Ярвский регион является одним из важнейших центров производства электроэнергии Северо-Запада Советского Союза. В Нарве находятся Прибалтийская ГРЭС (1624 Мвт), а в г. Кохтла-Ярве Эстонская ГРЭС (1610 Мвт) и две меньших ТЭЦ (56 и 72 Мвт). На реке Нарве построена Нарвская ГЭС (125 Мвт). Кохтла-Ярве и Нарва дают 95 % производимой в республике электроэнергии, из которой 39 % потребляется в своей республике, а 61 % поступает в общесоюзную энергосистему [8].

Химическая промышленность основана на использовании горючих сланцев в качестве сырья для производства бензола, толуола, клея, дубильных веществ, синтетических моющих средств, а также азотных удобрений (с использованием для изготовления последних природного газа, поступающего из Коми АССР).

Территория Кохтла-Ярвесского региона расположена на трех крупных формах рельефа — прибрежной низменности Северной Эстонии, на плато Северо-Восточной Эстонии и на северной части низменности Чудского озера. В четвертичный период, когда на территории Эстонии формировался современный рельеф, образование форм рельефа в этих ее частях протекало по-разному. В силу этого при описании природных условий Кохтла-Ярвесского региона следует исходить именно из такого деления территории.

На территории Эстонии, расположенной в северо-западной части Русской платформы, верхняя часть земной коры состоит из трех комплексов горных пород — кристаллического фундамента, осадочного чехла и четвертичной толщи.

Кристаллический фундамент, сложенный разными магматическими и метаморфическими породами архея и протерозоя, залегает в пределах данного района сравнительно неглубоко: в северной части территории республики на глубине 150 м, а в южной — до глубины порядка 350 м [8]. Поверхность фундамента имеет пологий (2,2—3,7 м/км, или 8'—12') наклон в южном направлении [2]. На основании геофизических исследований предполагается, что фундамент раздроблен тектоническими разломами на отдельные блоки. В пределах крупных блоков, ограниченных глубинными разломами, расположены мелкие блоки, в свою очередь разграниченные друг от друга разломами. Многие геологи считают, что блоковые движения фундамента продолжаются и в настоящее время, оказывая значительное влияние на формирование современного рельефа. В настоящее время территория района поднимается на 1 мм в год. Это явление наиболее заметно на примере Чудского озера, воды которого постепенно перемещаются в южном направлении, в результате чего в южной части озера наблюдается подтопление устьевых участков рек и заболачивание берегов.

Мощность коренных осадочных пород в пределах рассматриваемого района увеличивается с севера на юг. Они представлены разными обломочными и карбонатными породами. Выходы этих пород простираются в широтном направлении.

В узкой зоне побережья Финского залива и нижней части глинта выходят на дневную поверхность кембрийские отложения. Они представлены различными глинами и алевролитами, а также песчаниками, и их влияние четко проявляется в составе морен на побережье. Залежи кембрийских глин отличаются большими запасами и служат сырьем для производства цемента и кирпичей.

Ордовикский комплекс, горные породы которого выходят на поверхность на всем протяжении от глинта до Чудского озера, состоит преимущественно из карбонатных пород. Только в нижних слоях они представлены песчаниками, алевролитами и ар-

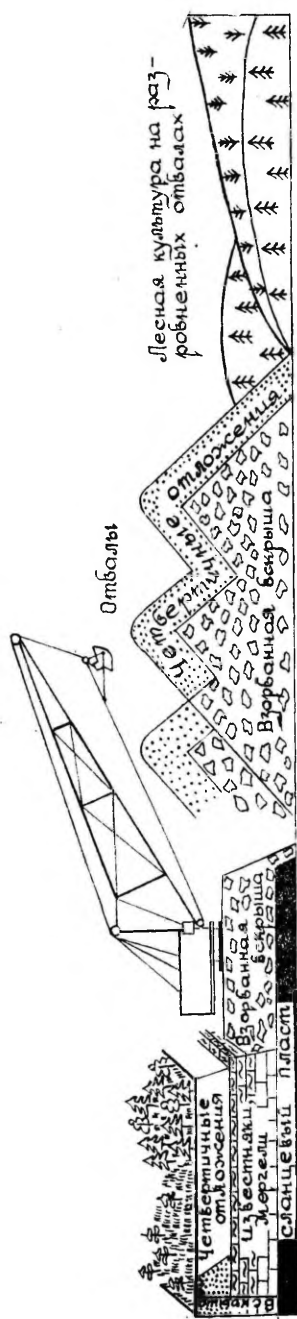


Рис. 2. Разработка и рекультивация карьера при добыче горючих сланцев.

геллитами. Отложения ордовикской системы образовались в море с нормальной соленостью, простиравшемся от Балтийского моря до окрестностей Костромы. В прибрежных мелководьях северо-западной части этого водоема образовались отложения оболового песчаника, имеющие большое экономическое значение благодаря богатому содержанию фосфорита, а залегающий над ним аргеллит содержит 10—20 % органического вещества. Технология использования последнего еще не разработана и он пока что мешает добыче фосфорита. Между слоями известняка в кузерском горизонте залегает т. н. горючий сланец — кукерсит, в котором содержится в среднем 35 % органического вещества, обладающий теплотворной способностью порядка 1800—3600 ккал/кг и богатый содержанием получаемого путем сухой перегонки сланцевого масла.

Кукерсит представляет собой желтовато-коричневую горную осадочную породу, которая кроме органического вещества содержит минеральные составные части и воду. Минеральное вещество состоит преимущественно из глинистого мелкозема, карбонатов и кварца. Кукерсит образовался из останков растений и животных, оседавших на дне морского водоема. Образование этих залежей началось 460—450 млн. лет тому назад.

Слои кукурсита между слоями залежи серых известняков имеют небольшую мощность (рис. 2), диктующая тем самым особенности добычи горючего сланца и создавая трудности для рациио-

нального природопользования. Более мощные слои известняка, обрамляющие кукерсит, скалываются при добыче в забое; заключенный в тонких прослойках известняк удаляется на обогатительных фабриках. Залегающие в Кохтла-Ярвеском районе запасы горючих сланцев известны под названием Эстонского месторождения горючих сланцев, разведанные запасы которого превышают 4 млрд. тонн. Залежи месторождения начинаются на расстоянии нескольких км южнее Финского залива и, постепенно углубляясь, простираются до северного побережья Чудского озера. Западная его часть носит название Тапаского месторождения, а в восточном направлении залежи сланцев продолжают по правую сторону реки Нарвы на территории Ленинградской области. В пределах Эстонской ССР площадь этих двух месторождений превышает 6 000 кв. км.

Добыча и первичная обработка горючих сланцев, которыми занято примерно 20 000 человек, создает самые острые конфликтные ситуации в природопользовании республики.

На упомянутых выше крупных формах рельефа — прибрежной низменности Северной Эстонии, плато Северо-Восточной Эстонии и северной части низменности Чудского озера — развитие рельефа происходило различным образом и их современная форма восходит к различным генетическим типам рельефообразования.

Рельеф Северо-Восточного Эстонского плато (40—60 м над уровнем моря) возник в результате денудационных процессов, когда при четвертичных оледенениях движением материкового льда был снесен с поверхности слой в 60—70 м [1]. Поверхность известняка покрыта здесь только тонким слоем (2—3 м) хрящеватой карбонатной морены; местами элювием мощностью лишь 20—30 см. Благодаря тонкому слою четвертичных отложений современный рельеф соответствует в общих чертах формам поверхности рельефа коренных пород. Дочетвертичные долины углублены до 105 м ниже современного уровня моря (как, например, долина Вазавере), и большей частью заполнены плейстоценовыми отложениями, а в некоторых местах над ними образовались такие возвышенности и валообразные формы рельефа, как Куртнаское камовое поле и Ийзаку-Иллукасский оз. [3]. Над некоторыми частично погребенными большими долинами протекают современные небольшие речки (Пуртсе, Пюхайыги и др.) Тонкий слой морены, покрывающий плато, подвергался в перигляциальной зоне действию абразии ледниковых озер и приобрел ровную поверхность. Морена покрыта в низинах столь мощным слоем озерно-ледниковых отложений, что не оказывает влияния на процессы почвообразования и растительности. В больших впадинах образовались болота. Речные долины, пересекающие плато в юго-восточном-северо-западном направлении, рассекают его на своеобразные косоугольные участки, поверхность которых



в свою очередь выщерблена местами карстовыми воронками (Ухакусское карстовое поле). Наивысшее место плато находится в его северной части, в окрестностях Йыхви — Ахтме, где высота достигает 81 м, а в южной части — в окрестностях Куремая, 92 м, где прекратилось движение края ледника и образовались накопления отложений. В восточной части плато нагромождениями конечной морены сложены три холма Синимаяд высотой до 84 м.

Плато Северо-Восточной Эстонии ограничено с северной стороны отвесным, кое-где ступенчатым уступом восточной части Северо-Эстонского глинта. Он опоясывает южное побережье Финского залива в Кохтла-Ярвском районе на расстоянии от нескольких метров до 14 км от береговой линии. Ближе всего к берегу моря глинт подступает в Мерикюла, где он еще подвергается абразионному действию моря. Самое высокое место глинта — 56 м над уровнем моря — находится в Онтика. Верхние слои уступа сложены твердыми породами известняка, а у подножья обнажаются аргиллиты, песчаники и глины. Подножье глинта погребено осыпью. Узкая полоса суши между глинтом и морем покрыта лиственным лесом (ясень, вяз, липа, серая и черная ольха). Образование глинта началось еще до четвертичного оледенения. Тогда образовался крутой береговой уступ реки, протекавшей на границе обнажений известняков и песчаников. Современный вид этот уступ приобрел в результате абразионного действия прибоя Финского залива. В результате подъема земной коры береговая линия отступила к северу от подножья глинта. Все реки, впадающие в Финский залив, преодолевая береговой уступ, образуют водопады (на реке Нарве) или пороги (на реке Пуртсе). На отрезке Сака—Онтика—Тойла, протяжением 20 км, организован ландшафтный заказник глинта величиной 890 га.

В центральной части плато Северо-Восточной Эстонии, в окрестностях Кохтла-Ярве в 1916 г. началась добыча кукурсита — горючего сланца, которая постепенно расширяясь распространилась в восточном и южном направлениях. В связи с разработками образовались техногенные формы рельефа, сперва в виде насыпей пустой породы и зольных террикоников, а позже, при разработке карьеров — частично разровненные волнистые равнины с расположенными в траншеях дорогами для вывозки сланцев. Эти равнины удается рекультивировать путем облесения. (См. статью Э. В. Каара в этом сборнике.)

Своеобразные трудно рекультивируемые наклонные равнины или усеченные пирамиды образуются в местах сброса зольных вод при гидротехническом удалении золы ТЭС. Сланцевыми разрезами нарушено более 8 000 га. (См. статью Г. П. Паальме в этом сборнике.).

На участках известнякового плато и абрадированных моренных равнинах, покрытых более мощным слоем отложений, на-

ходятся самые плодородные земли, используемые под пашню. Леса, преимущественно I и II группы, также интенсивно используются. Естественными ландшафтами являются в основном низинные болота с лесной порослью и речные поймы.

Узкая приморская равнина у подножья глинта постепенно расширяется к востоку от Мерикюла в сторону города Нарвы, где ее ширина достигает 14 км. Это песчаная морская равнина с поросшими сосновым бором дюнами. На прибрежной полосе этой равнины расположен курорт Нарва-Йыэсуу.

Северная часть низменности Чудского озера, расположенная между северо-восточным плато и Чудским озером, известна под названием Алутагузе. Это старое дно большого приледникового озера, образовавшегося здесь в конце последнего оледенения. Лимногляциальные отложения представлены суглинками и мелкозернистыми песками, препятствовавшими фильтрации и стоку влаги. В условиях влажного климата эта равнина подвергалась заболачиванию и минеральные отложения покрыты в болотах торфяным слоем мощностью до 8 м, толщина которого продолжает нарастать до 1 мм в год.

Образование этой низменности связано с тектоническим прогибом, по которому при оледенениях двигался в южном направлении мощный ледниковый поток. После деградации ледника началось поднятие земной коры и отступление береговой линии приледникового водоема в южном направлении. Старые береговые линии отмечены низкими береговыми валами и дюнами к северу от современной береговой линии Чудского озера.

В результате срастания нескольких болот (Алутагузе, Ору и др.) здесь образовалась крупнейшая в Эстонии болотная равнина Пухату (468 кв. км), которая находится в юго-восточной части Кохтла-Ярвеского района. Западнее ее расположена озовая гряда Ййзаку — Иллука, которая оканчивается Куртнаским камовым полем. Эта гряда, направленная с юго-запада на северо-восток, сложена из гравия, песка и валунов, возвышается до 55 — 60 м над окружающей равниной и является в своей юго-западной части единственной возделанной и обжитой частью территории. К западу от этой гряды расположены также большие болота — Мурака (121 кв. км), Ратва (39 кв. км) и др. По южной границе этой равнины Алутагузе вдоль северного побережья Чудского озера проходит покрытая сосновым лесом дюнная гряда длиной 35 км и шириной в несколько сот метров, которая является второй (после побережья Финского залива) зоной отдыха промышленного района Северо-Восточной Эстонии).

Алутагузе — это глухой, почти не заселенный край болот и заболоченных лесов, где еще по сей день водятся медведи и орлы. Его пересекают 2—3 дороги и небольшие речки. Однако и сюда уже продвигаются с севера горные разработки, и эта са-

мобитная природная местность начинает понемногу терять свой естественный облик.

Климат Кохтла-Ярвского региона характеризуется избытком влажности, так как количество осадков в два раза превышает величину испарения. В таких условиях избыток влажности вызывает заболачивание в понижениях с недостаточным отводом влаги. По этой причине здесь требуется выполнение мелиоративных работ, в результате которых 35% пашни покрыто здесь осушительной сетью.

Речная сеть состоит из коротких рек длиной до 50 км, так как водораздел находится в средней части территории, а с северной, южной и восточной стороны район омывают крупные водоемы.

Река Нарва, вытекающая из Чудского озера, является самой большой рекой Эстонии, по которой стекает в море 11 куб. км воды в год. Ее водосборная площадь — 56 200 кв. км [6]. Длина Нарвы — 77 км, падение — 30 м. При преодолении уступа известнякового плато образовались два водопада высотой в 3,7 и 7 м, между которыми находился остров. Теперь эти уступы водопадов остались на сухом месте, так как выше по течению в 1956 г. построена плотина Нарвской ГЭС, за которой образовалось Нарвское водохранилище площадью около 200 кв. км. Вода из водохранилища поступает на турбины ГЭС по деривационному каналу, а сброс производится в старое русло.

Нарвское водохранилище залило болота, расположенные по берегам реки, поэтому средняя глубина его лишь 1,8 м (достигая на фарватере по прежнему руслу 15 м). Берега водоема заболочены и покрыты зарослями тростников. К Кохтла-Ярвскому району относится 40 кв. км водохранилища; большая его часть находится на территории Ленинградской области. В Кохтла-Ярвском районе имеется кроме Нарвского водохранилища еще примерно 70 озер; 40 из них с общей площадью 3,5 кв. км расположены в Куртнаском камовом поле [4]. Самым крупным из них является озеро Консу площадью 1,4 кв. км. В это озеро выведен сток из многих других озер, так как из него производится забор воды в водовод Консу — Кохтла-Ярве для водоснабжения города. Многочисленные озерные ложбины Куртнаского камового поля имеют гляциокарстовое происхождение, так как образовались в результате таяния погребенных ледниковых глыб.

Большинство остальных озер расположено на болотах. Они представляют собой глубоководные впадины бывшего ледникового подпрудного озера. Верховые болота изобилуют окнами озерного комплекса, численность которых в районе достигает 10 000 озерков.

Кохтла-Ярвский регион самый заболоченный в республике. Здесь имеется 466 болот общей площадью 1168 кв. км, что составляет 36,4% площади этого района [5]. Болота оказывают большое влияние на режим стока, на рост леса, на земледелие и

вообще на условия природопользования, в том числе на добычу горючих сланцев.

С точки зрения обводнения наибольший интерес представляют переходные и верховые болота, площадь которых составляет соответственно 5 и 69% от общей площади болот района. На этих двух стадиях развития болота содержат большое количество воды [7].

Почвенный покров района сложился под влиянием сырого климата, водопропускной способности и состава материнской породы, длительного преобладания лесной растительности и почвообразующих процессов (оподзоливания, оглеивания, заболачивания).

Вместе с почвами образовался современный растительный покров. В зависимости от литогенной основы ландшафта (горных пород и рельефа), влажности и температурного режима грунта и почвы возникли месторождения различного типа, т. е. экотопы, на которых образовались растительные сообщества. Без вмешательства человека вся территория Эстонии была бы

Таблица 1

Природные предпосылки использования местности  
в планировочных целях

Типы местностей	Основное использование местностей*					
	Полеводство	Скотоводство	Лесоводство	Строительство зданий	Строительство дорог	Рекреация
Известняково-равнинный	+	++				
Глиняный (уступный)			++			
Абразированный моренно-равнинный	++	+++	+++	++	++	+
Флювиогляциально-равнинный	(+)		+	++	++	++
Лимногляциально-равнинный	++	+++			+	
Морско-равнинный	(+)	++	++	+	+	++
Озерно-равнинный		+	+		+	++
Алювиально-равнинный	++	++	+			
Болотно-равнинный (низ.)	++	++	+			
Техногенно-равнинный			+	+	+	
Каменно-холмистый	+	+	++	+	++	++
Озено-грядовой			++			++
Дюнно-грядовой			++			+++

\* Предпосылки использования: +++ очень хорошие;  
++ хорошие;  
+ удовлетворительные.  
(+) использование в виде исключения

покрыта лесами, за исключением верховых болот, речных пойм и береговых зон. Теперь леса сохранились только там, где земля была малоплодородной, где она не изменялась антропогенной деятельностью.

На основании приведенного описания ландшафтов, сформировавшихся на крупных формах Кохтла-Ярвского региона, можно сделать вывод, что на образование их ландшафтной структуры и их функционирования наибольшее влияние оказали морфогенетические типы рельефа. Примерно в одинаковых климатических условиях формы рельефа и их вещественный состав оказывают решающее значение на свойства остальных ландшафтных компонентов (почв и растительного покрова), а также на предпосылки их использования (табл. 1).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченков В. А. Формирование рельефа Северо-запада Русской равнины: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — М., 1975. — 49 с.
2. Раукас А. Плейстоценовые отложения Эстонской ССР. — Таллин, 1978. — 310 с.
3. Таваст Э., Раукас А. Рельеф коренных пород Эстонии. — Таллин, 1982. — 194 с.
4. Eipre T. Veestik // Kohtla-Järve rajoonis: Kodu-uurijate seminar-kokkutelek 18.—21. augustini 1983: Artiklid. — Tallinn: ENSV TA, 1983. — Lk. 40—48.
5. Jürman E. Metsad ja sood // Kohtla-Järve rajoonis: Kodu-uurijate seminar-kokkutelek 18.—21. augustini 1983: Artiklid. — Tallinn: ENSV TA, 1983. — Lk. 49—56.
6. Loopmann A. Eesti NSV jõgede nimestik. — Tallinn, 1979. — 166 lk.
7. Masing V. Rabadest, nende arengust ja uurimisest // Eesti Loodus. — 1968. — Nr. 8. — Lk. 451—457.
8. Müürisepp K., Vingisaar P. Geoloogiline ehitus ja maavarad // Kohtla-Järve rajoonis: Kodu-uurijate seminar-kokkutelek 18.—21. augustini 1983: Artiklid. — Tallinn, ENSV TA, 1983. — Lk. 34—37.

# KOHTLA-JÄRVE REGION — ITS NATURE AND NATURE USE

I. Arold, L. Vassilyev

## Summary

Kohtla-Järve is a highly developed industrial and agricultural region in North-East Estonia. Here are located great electric power-stations, which yield 95 per cent of the republic's power production, as well as fuel, building materials and chemical products. The regions industrial development is based on the mining of kukersit — the Estonian burning limestone, which has a fuel potency of 1800—3600 kcal/kg, and the annual extraction of which amounts to nearly 30 million tons. Industrial development, mainly that of mining, has created serious conflict situations in land use.

The territory of the region falls into three parts — the coastal lowland of the Gulf of Finland, the Estonian limestone plateau, and the lowland of Lake Peipsi. All the industrial towns, the greater part of the agricultural area and the most important mines are located on the limestone plateau. The quarries and the detritus areas have wasted about 8000 ha of forest, marsh and agricultural lands. Their recultivation will require much effort and considerable resources.

Alutaguse — the northern part of the lowland of Lake Peipsi — is covered with forests and swamps and is sparsely populated. It has preserved its former natural appearance, but the advance of the mines and quarries towards the south has been expanding the area of wastelands.

## **РОЛЬ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ПРОБЛЕМАХ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЭСТОНИИ**

**Г. П. Паальме**

Эстонский НИИ лесного хозяйства и охраны природы

К Северо-Восточной Эстонии относятся Кохтла-Ярвеский и Раквереский административные районы с городами республиканского подчинения Кохтла-Ярве, Силламяэ и Нарва. Площадь региона — 6 650 км<sup>2</sup>, численность населения — 280 тыс. чел.

Этот регион представляет собой наиболее высокоразвитую часть республики как в промышленном (Кохтла-Ярвеский р-н), так и сельскохозяйственном (Раквереский р-н) отношении. Здесь сосредоточено 44,4 % промышленно-производственных фондов и 28 % промышленно-производственного персонала Эстонской ССР. Объем промышленной продукции составляет около 30 % от общего объема по республике, в том числе более 95 % электроэнергии и 94 % продукции топливной промышленности.

Северо-Восточная Эстония относится к наиболее урбанизированной части республики — удельный вес городского населения составляет 76 %.

Развитие производительных сил Северо-Восточной Эстонии привело к наиболее значительным преобразованиям окружающей среды республики. Важнейшей причиной изменений является промышленность на базе горючих сланцев, в частности, отрицательное влияние горных работ на природную среду и на другие природные ресурсы.

Северо-Восток Эстонии — район крупного сосредоточения полезных ископаемых. Здесь залегают половина балансовых запасов сланца-кукерсита нашей страны; за последние годы около города Раквере обнаружены крупные залежи фосфоритов. Важное значение для экономики республики имеют также запасы общераспространенных полезных ископаемых.

Отличительными чертами воздействия горных работ на окружающую природную среду являются:

- преобладание изменений, вызываемых нарушениями структуры геологической среды, по сравнению с загрязнением биосферы различными вредными веществами;
- постоянство изменений геологической среды, вызванных горными работами, т. к. первоначальная морфологическая структура слоистой толщи не может быть восстановлена;
- увеличение площади нарушенных территорий (даже без увеличения объемов производства) в результате движения фронта горных работ, обусловленного невозобновимостью запасов полезных ископаемых.

Горные работы требуют комплексного подхода к природопользованию, так как сохранение других природных ресурсов в условиях определенной технологии (например, при открытой добыче) невозможно, и необходимо их первоочередное использование, опережающее горные работы.

Вопросы комплексного природопользования весьма актуальны для региона Северо-Восточной Эстонии. Это обусловлено особенностями залегания полезных ископаемых:

- неглубоким (от нескольких метров до 80—120 м), практически горизонтальным залеганием пластов средней мощности (горючие сланцы) и мощных пластов (фосфориты);
- частичным перекрытием месторождений горючих сланцев и фосфоритов;
- наличием множества залежей общераспространенных полезных ископаемых и торфа на территории залегания горючих сланцев и фосфоритов.

Нарушения геологической среды, вызываемые ведением горных работ, их размахом и характером наряду с вышеупомянутыми геологическими условиями в значительной степени зависят от способа разработки и применяемой технологии добычи.

При открытом способе добычи происходит перемещение всей толщи вскрышных пород, создается техногенный ландшафт, народнохозяйственное использование которого без рекультивации практически невозможно. Несвоевременно добытые торф, общераспространенные полезные ископаемые (песчано-гравийный материал) и невырубленный лес уничтожаются в отвалах.

При существующем уровне открытой добычи сланца нарушаемая горными работами площадь составляет примерно 400 га в год. Это преимущественно леса и болота. Доля сельскохозяйственных угодий не превышает 5%.

Всего сланцевыми разрезами нарушено около 8 000 га земель, из них рекультивация под лесные культуры осуществлялась на площади 6 700 га. Рекультивированы первые десятки гектаров возделываемых сельскохозяйственных земель. Восстановление



маломощного плодородного слоя почвы является при этом трудной задачей.

Многолетний опыт рекультивации сланцевых разрезов ярко свидетельствует о необходимости осуществления следующих мер: увязки горных и рекультивационных работ, создания уже в ходе вскрышных работ предпосылок для формирования нового техногенного ландшафта с требуемым рельефом и условиями произрастания; максимально возможного использования народнохозяйственного потенциала плодородного слоя почвы.

В связи с этим надо обратить внимание на вопросы, которые еще очень слабо разработаны в научном отношении.

До сих пор все рекультивационные работы велись и планировались с учетом гидрологического режима, существующего в условиях карьерного водоотлива. Прогноз условий на время после закрытия разреза и соответствующие требования к проектам рекультивации не разработаны. Не определена судьба искусственных водоемов, образующихся вместо траншей после ликвидации водоотлива. Отсутствуют научно обоснованные основы для создания оптимального ландшафтного комплекса на регенерированных территориях, в т.ч. с учетом рекреационных интересов.

Необходимы экономические рычаги повышения заинтересованности предприятий горнодобывающей промышленности в возвращении земель основному землепользователю в нормативные сроки с хорошим качеством работ (например, установление платы возмещения за снижение бонитета земель, т.е. за разницу в оценочных баллах при передаче земель горному предприятию и при возврате их основному землепользователю).

Подземная добыча не вызывает изменения стратиграфической последовательности пород, но при определенных системах разработки, особенно с принудительной посадкой кровли, нарушения первоначальной слоистой толщи могут вызвать значительные изменения рельефа поверхности, а также режимов подземных и поверхностных вод.

Влияние подземной добычи сланца зависит в основном от двух факторов — технологии горных работ и природных условий. В зависимости от применяемой системы разработки оседание земной поверхности может колебаться от величин, определяемых только инструментально, до замкнутых понижений (мульд) глубиной 1,5...2,0 м. При неглубоком залегании промпласта и отсутствии в покрывающих породах водоупорных слоев горные работы сопровождаются осушительным эффектом, а с увеличением глубины разработок и водонепроницаемости четвертичных отложений возрастает опасность переувлажнения почвы, включая затопление пониженных участков рельефа. Особенно чувствительны к оседанию поверхности территории с высоким уровнем

грунтовых вод и территории, где проведены осушительные работы.

Расширение добычи полезных ископаемых с применением принудительной посадки кровли все более ведет к необходимости выбора технологии подземной добычи сланца с учетом ценности земель и чувствительности их к горным работам.

Возникает вопрос: почему же взято направление на рост применения технологии горных работ с более заметным отрицательным влиянием на природную среду? К сожалению, на сланцевых шахтах сохранение рельефа поверхности пока реально возможно только путем оставления целиков в выработанном пространстве для поддержания пород кровли, т.е. ценой потерь полезного ископаемого. Уменьшение потерь сланца является непременным условием рационального природопользования.

Таким образом, подземную добычу сланца нельзя рассматривать изолированно от сельского и лесного хозяйства, разработки торфа, ведения хозяйства на заповедных территориях. Развитие добычи сланца должно быть подчинено интересам комплексного пользования всеми природными ресурсами. Поэтому наряду с горно-техническими факторами при выборе систем разработок необходимо учитывать также народнохозяйственную ситуацию на земной поверхности, особенно чувствительность отдельных видов землепользования к оседанию земной поверхности.

Лабораторией природопользования ЭстНИИЛХОП разработан предварительный вариант соответствующих критериев для сланцевых шахт, представленный в виде таблицы 1. Основным аргументом для выбора технологии горных работ является вид землепользования, в соответствии с которым определяются требования как к способу управления кровлей (ограничение размера нарушений земной поверхности), так и к поверхностным сооружениям и коммуникациям шахт. Первые из них могут быть применены уже при составлении долгосрочных перспективных планов (схем), другие учитываются в основном при проектировании горнодобывающих предприятий.

Практическое внедрение таких критериев предполагает, что отрабатываемые подземными работами площади, где разрешается временное нарушение условий землепользования, подлежат согласованию с основными землепользователями уже в стадии составления комплексных проектов освоения и разработки месторождения.

Однако одним выбором оптимальной технологии горных работ не исчерпывается проблема комплексного природопользования. Это мероприятие направлено в основном на сохранение народнохозяйственного потенциала такого неоднократно используемого богатства, как земельные ресурсы. Второй круг проблем связан с координацией добычи полезных ископаемых и

Выбор технологии подземной разработки сланца на основе землепользования

	Горные работы не разрешены — горный отвод не выдается	Технология горных работ с обрушением пород кровли не разрешена		Временные нарушения поверхности земли (оседания) разрешаются при наличии специальных мероприятий, внедрение которых обеспечивает сохранение существующего землепользования, сохранение или опережающую добычу запасов попутных полезных ископаемых	Общие ограничения не устанавливаются
		Сохранность поверхности земли обеспечивается с вероятностью 100% (применение по специальному проекту камерной системы разработки со столбчатыми целиками или других аналогичных систем разработки)	Соответствующими параметрами целиков обеспечивается сохранение поверхности земли с вероятностью не менее 95%		
	1	2	3	4	5
0 Возведение поверхностных коммуникаций и сооружений (дорог, линий электропередач, подстанций, вентиляционных сооружений), как правило, не разрешено	0. 1. 1. Национальный парк 0. 1. 2. Государственные заповедники	0. 2. 1. Заказники республиканского значения (за исключением 0. 3. 1.) 0. 2. 2. Резерваты 0. 2. 3. Природные памятники	0. 3. 1. Периферийные участки заказников республиканского значения	0.4.1. Сохраняемые водно-болотные угодья с урегулированным водным режимом (добыча торфа не предусмотрена)	

	1	2	3	4	5
1 Ограниченные по- верхностные ком- муникации и соо- ружения — по со- гласованию с зе- млепользователями и органами охраны природы в стадии проектирования шахты	I. I. I. Водоохран- ные зоны.	1.2.1. Заказники местного значения 1.2.2. Памятники культуры, находящие- ся под го- сударствен- ной охра- ной 1.2.3. Возделыва- емая земля с закрытым дренажом	1.3.1. Возделыва- емая земля 1.3.2. Леса I груп- пы (за ис- ключением 1.4.2. и 1.5.1) 1.3.3. Особо охра- няемые участки ле- са II группы 1.3.4. Сохраняе- мые и ком- пенсацион- ные терри- тории	1.4.1. Болота с промыш- ленными запасами торфа 1.4.2. Естественно переувлаж- ненные экс- плуатацион- ные леса I группы	1.5.1. Естественно сухие и уме- ренно влаж- ные эксплуа- тационные леса I груп- пы
2 Общие ограниче- ния на поверхност- ные коммуникации и сооружения не устанавливаются (согласование в стадии оформле- ния земельного от- вода).		1.2.4. Зоны от- дыха		2.4.1. Естественно переувлаж- ненные леса II группы 2.4.2. Прочая сель- скохозяй- ственная зем- ля	2.5.1. Не имеющие природоох- ранного зна- чения болота с непромыш- ленными за- лежами тор- фа 2.5.2. Естественно сухие и уме- ренно влаж- ные леса II группы

торфа (а также рубкой леса перед разработкой при открытом способе добычи), запасы которых предоставлены для промышленного использования различным ведомствам. Эти межведомственные проблемы требуют согласованного природопользования как в пространстве, так и во времени. В настоящее время перспективными планами предусматривается природопользование только в объемах и во время разработки, а территориальное планирование производства (картографическая часть плана) не выходит за пределы одного ведомства, а иногда даже одного предприятия.

В результате этого мы встречаемся с фактами потери торфа в отвалах разрезов; использования песка, годного для изготовления бетона и силикатных изделий, в качестве насыпного материала, в то время как пески во вскрыше сланцевых разрезов, пригодные для использования в качестве насыпного материала, переэкспортируются в отвал. Недостаточно используются, как насыпной материал, отходы обогащения сланца — пустая известняковая порода, отвалы которой увеличиваются на 6...7 млн. тонн в год. Годовой объем всех твердых отходов, образующихся при добыче и использовании горючих сланцев, составляет примерно 20 млн. т. В народном хозяйстве используется из них только около 4 млн. т год. В отвалах на территории сланцевого бассейна накопилось более 300 млн. т твердых отходов, которыми покрыто более 2 500 га земель.

Территориальное планирование природопользования — это составление долгосрочных программ. Если, например, запасы сланца извлекают сразу и фронт горных работ постоянно продвигается на новую территорию, то разработка торфа при существующей технологии, т.е. фрезерным способом, длится на одной и той же территории 20 и более лет. Чтобы не погубить запасы торфа, успеть их выбрать, добыча торфа должна опережать начало добычи сланца именно на такой срок. И ее надо планировать заранее, несмотря на то, что исходя из интересов одной только торфяной промышленности добыча торфа в другом месте была бы более целесообразной.

В целях предотвращения пагубных последствий конфликтных ситуаций природопользования, обусловленных ведомственным подходом, правительством республики принято решение о разработке в 1986-1987 годах единой территориальной схемы перспективного развития добычи полезных ископаемых с учетом существующего землепользования и требований охраны природы в Северо-Восточной Эстонии. Такая схема должна дать оптимальное размещение горнодобывающих и торфяных предприятий, очередность их ввода, критерии технологии горных работ в соответствии с условиями землепользования, определить основные направления геологоразведочных работ (чтобы избежать вынуж-

жденных решений из-за отсутствия разведанных запасов для других вариантов).

Схема поможет скорректировать перспективы развития сельского и лесного хозяйства (компромисс должен быть всегда двусторонним) и, наконец, определить основные природоохранные мероприятия, т.е. охраняемые объекты и территории, а также ландшафты, предназначенные для нейтрализации промышленной нагрузки (так называемые компенсационные территории) и территории для отдыха, целостность которых должна быть обеспечена. Следует определить, каким должен быть режим сохранения болот, остающихся в зоне влияния горных работ, которые не являются заказниками.

Одним из основных факторов, определяющих эффективность внедряемых мероприятий, является результативность научной разработки решаемых проблем. Это достижимо лишь при хорошем сотрудничестве специалистов естественных и технических наук.

## **THE IMPORTANCE OF THE MINING INDUSTRY IN THE SOLUTION OF PROBLEMS OF THE UTILISATION OF THE NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL CONSERVATION IN NORTH-EAST ESTONIA**

**G. Paalme**

### **Summary**

The North-East of the Estonian SSR is an industrial region of great economic importance, where much of the production is based on the mining and use of oil-shale. In future the mining industry will be expanded still further when the exploitation of the phosphorite deposits is started.

The mining of mineral resources causes damage to the natural environment, entailing the necessity for extensive recultivation of the area. The ESSR Forest Management and Nature Conservation Research Institute has worked out criteria for the choice of the most expedient techniques to be applied in the underground mining of oil-shale depending on the current use of the territory and need to preserve the structures and objects located there.

The chief precondition for launching the exploitation of a new mine will be the compilation of a corresponding territorial long-term plan for the mining of mineral resources, which will guarantee the most rational use of the natural resources and envisage the technology securing the elimination of the damage caused to the natural environment.

## ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ В СЛАНЦЕВОМ БАССЕЙНЕ ЭСТОНСКОЙ ССР

Э. В. Каар

Эстонский НИИ лесного хозяйства и охраны природы

В Эстонской ССР добывается три четверти общего количества горючих сланцев, ископаемых в Советском Союзе, причем 50% добывается открытым способом. Открытым (карьерным) способом разрабатывается сланец до глубины 40 м. Площадь земель, нарушенных открытой разработкой, составила на 1 января 1985 г. 8000 га.

Большинство сланцевых карьеров в Эстонии расположено на бывших лесных землях и болотах, поэтому при восстановлении нарушенных земель основное внимание уделяется лесохозяйственной рекультивации. При лесохозяйственной рекультивации объем работ технической рекультивации не столь велик, как при сельскохозяйственной рекультивации, и расходы на рекультивацию в 2...7 раз меньше. Стоимость технической рекультивации для лесохозяйственных работ зависит от строения и состава отвалов и от механизмов, используемых при разравнивании. Если разравнивание производится при помощи экскаватора и бульдозера, то стоимость 1 га составляет 1400...1600 руб., если же только бульдозером, то 400 руб. га. Второй способ можно использовать только на ограниченной территории. Затраты на техническую рекультивацию повышают себестоимость горючего сланца на 3...5 коп. за тонну. Затраты на лесохозяйственную рекультивацию не превышают 200 руб. на га.

Основным аргументом в пользу лесохозяйственной рекультивации является необходимость увеличения площади лесов. Леса необходимы для заготовки древесины, но еще больше для очистки воздуха, загрязненного отходами промышленности и выбросами городов.

Лесохозяйственная рекультивация в сланцевом бассейне Эстонской ССР была начата в 1960 г. По состоянию на 1 января 1985 г. при помощи разработанных и рекомендованных институтом ЭстНИИЛХОП методов и способов было облесено около

5500 га разровненных отвалов, что составляет около 80% площади карьеров, разработанных открытым способом.

В зависимости от технологии удаления вскрыши верхний слой отвала может содержать наряду с четвертичными материалами в большей или меньшей мере ордовикский известняк.

Разровненные отвалы, на которых проводится облесение, сложены из рыхлых материалов с разнородным составом и различными свойствами. По механическому составу мелкозем в отвальных материалах представляет собой супесь или легкие, а иногда и средние суглинки. Реакция отвальных материалов — от слабодокислой до нейтральной ( $pH_{КС16,1} = 7,5$ ). Содержание органического углерода в отвальных материалах в среднем 0,9—2,3%. Попавший в отвал горючий сланец относительно быстро распадается, обогащая отвальный материал органическим углеродом.

Наряду с питательными веществами другим важным фактором, лимитирующим рост растений на отвальных материалах, является режим влажности в верхних слоях отвалов. На основании проведенных исследований можно утверждать, что условия влажности верхнего (0...30 см) слоя отвальных материалов разровненных отвалов позволяют закладывать лесные культуры и обеспечивают их приживаемость.

Для облесения разровненных отвалов почвы обычно не нуждаются в дополнительной подготовке, поскольку в большинстве случаев посадка производится следующей весной после разравнивания, когда отвальный материал еще рыхлый и отсутствует травяная растительность.

Для выбора подходящих для облесения видов деревьев были заложены опыты с 52 видами древесных пород. Целью этих опытов было выяснение видов, пригодных для обогащения состава лесов, закладываемых на разровненных отвалах. Так, наряду с местной обыкновенной сосной, бородавчатой березой, черной ольхой и европейской елью получены хорошие результаты с лиственницами. Испытано 9 видов лиственниц.

На лиственницы большое внимание обращено потому, что многие их виды хорошо растут в своем ареале на сухих, богатых известняком почвах, которые похожи на отвальные материалы наших разровненных отвалов. Кроме того, лиственницы декоративны, быстро растут и отличаются ценной древесиной. Из видов лиственниц наиболее подходящими были лиственницы европейская, курильская, русская, Любарского и американская. В чистых культурах лиственницы наиболее благоприятная густота — до 2000 растений на гектар. Лиственницу можно также культивировать в виде смешанных культур с елью и липой.

Самая лучшая приживаемость отмечается у лиственницы американской, а самая низкая — у лиственницы даурской. Самая большая средняя высота у лиственницы европейской, затем следуют лиственницы курильская и даурская. Наименьший рост



в высоту у лиственницы японской. По данным 16-летних опытных культур лиственницы японской через 4...5 лет замерзают ее побеги последнего года и дерево превращается в куст.

Из сосен хорошо растут сосна обыкновенная, черная и скрученная. Последняя успешно приживается на тяжелых почвах, богатых глиной.

Культуры сосны составляют около 80% от производственных культур на отвальных материалах. Опытные культуры показывают, что оптимальной является начальная густота 6600 двухлетних сеянцев на 1 га.

Ель в наших условиях следует культивировать вместе с березой бородавчатой или ольхой черной. Ель культивируется 4-летними саженцами по 2000...2500 растений на гектар.

Из лиственных пород самой перспективной оказалась на отвалах береза бородавчатая. Из других лиственных пород получены хорошие результаты при посадке ольхи черной и гибридной. В 7-летней опытной культуре ольха черная превышала по высоте лиственницу европейскую и курильскую и березу бородавчатую в 2 раза, а сосну обыкновенную приблизительно в 4 раза. С увеличением возраста рост ольхи черной, по-видимому, замедляется и другие породы достигают ее уровня. Ольха черная является хорошим пионером при облесении отвалов, так как она благоприятствует почвообразованию. Опавшие листья ольхи быстро гумифицируются в органические коллоиды. В наших опытах в 15-летней культуре ольхи черной мощность подстилки равнялась  $3,8 \pm 0,28$  см и запас  $35 \text{ м}^3/\text{га}$ . В 22-летней сосновой культуре мощность подстилки —  $2,0 \pm 0,31$  см и запас  $26,0 \text{ м}^3/\text{га}$ . Состав органического углерода в подстилке равнялся 19...35%. Характерной чертой минеральной почвы, находящейся под подстилкой, является высокое содержание гумусовых веществ, калия и кальция.

Ольха неприхотлива к питательным веществам и гумусу, не страдает от повреждений животными, исключительно хорошо приспосабливается к неблагоприятным условиям среды и устойчива к грибным заболеваниям, дымовым газам и др. вредным влияниям.

Тополь следует использовать только как предварительную культуру возле дорог, на крутых склонах и в местах, требующих срочного озеленения. Тополя в наших условиях страдают от сердцевидной гнили.

Дуб и ясень не следует использовать в массовом порядке. Посаженные на отвалах культуры дуба и ясеня прижились, но рост их на открытых отвалах тормозится поздними заморозками и повреждениями, наносимыми зайцами. Дуб и ясень можно сажать при наличии относительно плодородных отвальных материалов под защитным пологом других древесных пород (березы, ольхи черной).

Из методов культивирования следует предпочитать посадку. Сеять рекомендуется только сосну обыкновенную при наличии песчаных и каменистых отвальных материалов, содержащих в достаточном количестве влагу, при слабом травяном покрове и отсутствии эрозии.

Облесение следует проводить после разравнивания ранней весной. Осенью можно проводить посадку ели или дополнять культуры, замещая погибшие растения.

Наиболее подходящим посадочным материалом при использовании сосны, лиственницы и лиственных пород являются двухлетние сеянцы. Ель следует сажать четырехлетними саженцами, а тополь черенками. При возможности можно использовать саженцы с закрытой корневой системой. При посадке лучшие результаты получены посадкой под клин. По этому принципу в ЭстНИИЛХОП сконструирована посадочная машина «Маарду-1» для посадки сеянцев и саженцев на разровненных отвалах. Этой машиной можно осуществлять посадку, если каменистость почвы не превышает 35%.

Большинство подлежащих облесению отвалов не нуждается в удобрении. Удобрение необходимо только на очень каменистых или песчаных отвалах. На сильно каменистой почве нами испытывалось влияние люцерны в качестве удобрения на рост сосновых культур. Выяснилось, что там, где между рядами сосен росла люцерна, средний годичный прирост в высоту был на 30—40% больше, чем у сосен без люцерны. На основании результатов опытов посев люцерны на отвальных материалах можно рекомендовать через 2...3 года после закладки сосновых культур. Семена люцерны обязательно нужно инокулировать ризоторфином. При использовании минеральных удобрений рекомендуется давать 140 кг аммиачной селитры и 600 кг суперфосфата на 1 га.

Рекультивация отработанных карьеров горючих сланцев ведется у нас 25 лет. Результаты выполненных работ показывают, что рекультивация отработанных карьеров оправдывает себя во всех отношениях. На большей части рекультивированной территории получены насаждения более высокой производительности, чем прежде.

По данным пробной площади в 20-летних сосновых культурах средняя высота деревьев составляет 8,3 м, диаметр на высоте груди 10,3 см и запас 140 м<sup>3</sup>/га. По таблицам хода роста опытная культура соответствует I...Ia бонитету, а ранее здесь были леса IVбонитета. Такие результаты получены там, где вскрышные работы и техническая рекультивация проведены согласно требованиям. Неудовлетворительно растут культуры там, где при технической рекультивации отвальный материал остался слишком каменистым или уплотненным под тяжестью экскаватора. Эти леса по своему виду и производительности приближаются к альварным (IV—V бонитетов). В тех местах, где наклон склонов

слишком большой ( $10^0$  и больше), невозможно механизировать лесохозяйственные работы. В новой редакции инструкции по рекультивации сланцевых карьеров максимальный угол наклона скатов при лесной рекультивации установлен в  $8^0$ .

Изучая облесение площади, можно отметить, что через 10 лет лесная экосистема здесь восстановилась или почти полностью восстановилась. Местами появилось много малины и земляники. Осенью везде много грибов. Восстановился и животный мир — появились птицы, встречаются зайцы, косули, лисицы и лоси.

Горючий сланец является хорошим энергетическим и химическим сырьем. При сжигании горючего сланца в топках ТЭС приблизительно половина его количества остается в виде золы. Большая часть золы выбрасывается с водой в отстойники (золоотвалы). Эти золоотвалы представляют собой плато с небольшим уклоном. Зола заброшенных золоотвалов теплостанций цементируется и каменеет, рыхлым остается только поверхностный слой мощностью 3...5 сантиметров, который быстро высыхает и подвергается дефляции, в результате чего загрязняется окрестность на протяжении десятков километров.

Золоотвалы сланцехимических предприятий представляют собой близко расположенные друг к другу терриконы высотой до 100 м.

Реакция золы золоотвалов сильно щелочная ( $pH_{KCl}$  8...12,5).

Незначительная часть золы используется для известкования полей, в качестве примеси при изготовлении портландцемента, кукуермита и кукуермитцемента и на заводах стройматериалов при изготовлении зольных блоков. Большая часть золы остается в золоотвалах, которые в эстетических и природоохранных целях необходимо озеленить.

С точки зрения озеленения как травянистыми растениями, так и деревьями самыми важными факторами являются содержание питательных элементов и режим влажности в поверхностных слоях золоотвалов.

Содержание питательных элементов в золе золоотвалов недостаточное. Азот практически отсутствует, мало и фосфора. Калия содержится в золе достаточно или слишком много, в зависимости от производственного процесса различных предприятий. Например, в золе Кивийлыского сланцехимического завода лактатно-растворимого калия имеется 20...40 мг/100 г, а в золе Ахтмеской ТЭС — 135...760 мг/100 г. Перед озеленением золоотвалов необходимо внести азотные и фосфорные удобрения.

Для стабилизации режима влажности поверхностного слоя золоотвалов необходимо покрывать их субстратам (почва, низинный торф, компост и др.), что можно сделать на платообразных золоотвалах ТЭС, но это очень трудно или почти невозможно осуществить на терриконикообразных золоотвалах сланцехимической промышленности. Условия влажности в поверхностных

слоях золоотвалов сланцехимических предприятий более благоприятные, чем на золоотвалах тепловых электростанций, так как атмосферные осадки здесь хорошо фильтруются и сохраняются в более глубоких слоях.

В 1971 г. были начаты опыты по покрытию субстратов золоотвала Ахтмеской ТЭС. Поскольку почва и компост дефицитны, то в опытах применяли низинный торф, степень разложения которого составляла 50...70% и рН — 4,5...5,2. За вегетационный период общий запас влаги в золе, покрытой низинным торфом, был в среднем на 26% выше, чем в непокрытой. В засушливый период этот показатель составил 82%.

Если золоотвал нужно только озеленить, достаточно покрыть его 3...5-сантиметровым слоем субстрата. Для превращения золоотвала в культурный луг следует нанести низинный торф слоем не менее 10 см. На золоотвалах хорошо приживаются такие многолетние травяные растения, как овсяница красная, костер безостый, ежа сборная, тимофеевка луговая, клевер ползучий и донник белый.

Оптимальной оказалась доза удобрения  $N_{90}P_{160}K_{25}$ . При закладке сенокосных лугов на золоотвале травосмесь состояла из 80% злаков и 20% бобовых. На основании производственных опытов можно получить до 60...80 центнеров воздушно-сухого сена. Расходы на превращение золоотвалов в сенокосы окупаются за пять лет. При соответствующем уходе угодья были высокопродуктивными в течение 12 лет, и, очевидно, такими они будут и впредь.

При озеленении золоотвалов сланцехимической промышленности лугowymi травами мы не получили столь хороших результатов, как на золоотвале электростанции. Эти терриконы невозможно покрыть субстратом, в результате чего верхний слой золы, в котором находятся всходы травянистых растений, во время весенних засух пересыхает и всходы погибают. Большой вред наносит посевам луговых трав на этих золоотвалах дождевая эрозия. Поэтому при озеленении золоотвалов сланцехимической промышленности мы старались использовать главным образом деревья и кустарники. Соответствующие опыты были начаты в 1969 г. Пока проведены испытания 28 видов деревьев и кустарников. Для опытов мы выбрали такие виды, которые в климатических условиях Эстонской ССР устойчивы к засухе, влиянию дыма и газа и хорошо переносят высокую щелочность золы. Деревья и кустарники высаживали, в основном, двухлетними сеянцами, тополя высадили черенками, а горную сосну, ясенелистный клен и ель колючую — 3...5-летними саженцами.

Хорошо прижились и растут тополь душистый и волосистоплодный, некоторые гибридные сорта тополей, например, тополя «Подмосковный» и «Пионер», береза бородавчатая и пушистая, ольха черная и гибридная, клен ясенелистный, вяз мелколистный,

облепиha, свидина белая и кровавокрасная. Высота в 14-летнем возрасте достигала у березы бородавчатой 660, у тополя душистого 838, и ольхи гибридной 640, у ольхи черной 327 и у облепиhi 242 см.

Хороший рост и 75...95%-ная приживаемость наблюдаются только при удобрении азотными и фосфорными удобрениями сразу после посадки. Оптимальная доза удобрения —  $N_{90}P_{160}$ . Удобрение целесообразно вносить 4 года подряд после посадки деревьев. Затем следует пропустить 4 года и повторно внести удобрение один раз.

Помимо рекультивации сланцевых карьеров и золоотвалов на повестке дня стоят вопросы озеленения терриконов пустых пород, состоящих из известняков, и автоотвалов, образующихся у шахт при подземной разработке. При озеленении перегоревших терриконов можно пользоваться методикой озеленения золоотвалов сланцехимической промышленности. При озеленении неперегоревших терриконов более экономным и целесообразным является метод влажного введения на склоны терриконов смеси, состоящей из семян травянистых и древесных растений, связывающего субстрата и удобрений.

На перегоревших старых отвалах пустой породы начинается естественное зарастание. Для ускорения этого процесса целесообразно удобрить их азотным и фосфорным удобрениями.

Автоотвалы пустой породы целесообразно покрыть слоем почвы и облесить. Соответствующие исследования проведены в районе шахт Ахтме, Виру и Таммику.

## REAFFORESTATION OF DISTURBED AREAS IN THE OIL-SHALE BASIN OF THE ESTONIAN SSR

E. Kaar

### Summary

The area of the lands disturbed by the detritus of the oil-shale quarries runs into 8000 hectares. Being mainly located in former wood- and swamplands, they are mostly reafforested. So far 80 per cent of old quarries have been planted under forest. The planting of the forest stands is started a year after the ground has been levelled, when the detritus is still light and porous and is not yet overgrown with grass. The species planted include two-year-old saplings of pine, birch, black alder and larch or four-year-old saplings of spruce. The species that grows fastest on detritus is black alder. In stands of pine the increment is 30—40 per cent higher if lucerne is sown between the rows of trees. At the age of 20 years the average height of the trees is 8.3 m.,

their diameter is 10.3 cm., and their timber reserve amounts to 140 cubic metres.

It is considerably more difficult to recultivate the ashfields, which should first be covered with a 10-centimetre layer of earth to which artificial fertilisers have to be added. The species that thrive best on such soil are birch, poplar, alder, and sea-buckthorn.

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ В СЛАНЦЕВОМ БАССЕЙНЕ ЭСТОНСКОЙ ССР**

**Э. Э. Леэду**

ГПИ «Эстсельхозпроект»

**Э. Я. Китсе**

Эстонская сельскохозяйственная академия

В 1974 г. разрез «Октябрьский» производственного объединения «Эстонсланец» начал добычу горючих сланцев открытым способом на пашнях колхоза им. В. Кингисеппа Кохтла-Ярвеского района Эстонской ССР. I и II участки разреза «Октябрьский» охватывают 1358 га земель колхоза. Из этих земель более 700 га представляют собой лучшие пашни этого района. Гумусовый горизонт, подходящий для использования под пашню, имеют 990 га. Пашни должны быть возвращены колхозу пригодными для земледелия.

К настоящему времени гумусовый горизонт удален с площади 210 га, в т.ч. более 150 га пашни. На складах залегают без использования около 600 тыс. м<sup>3</sup> плодородного материала, но основному землепользователю, колхозу, возвращено только 39 га технически рекультивированной пашни.

В связи с нарушением разрезом «Октябрьский» сельскохозяйственных угодий в 1976 г. начаты исследования урожайности полевых культур на вновь созданных техногенных почвах.

На нарушаемых сельскохозяйственных землях вскрыша состоит из двух различных по физико-химическим свойствам пород: четвертичных отложений, которые представлены в основном суглинистой мореной мощностью 0,5...2,0 м, и залегающих под ними известняков и доломитов среднего ордовика. В отвалах они размещаются в той же последовательности. Но в ходе вскрышных работ четвертичные отложения перемешиваются в отвале с размельченным материалом подстилающих известняков и доломитов, в результате чего каменность в верхних слоях отвально-го материала гораздо больше, чем в нижних горизонтах естественных почв. Верхний плодородный слой четвертичных отложе-

ний разрабатывается прежде всего и используется при сельскохозяйственной рекультивации для покрытия спланированных отвалов.

Агрономические свойства вновь созданных техногенных почв зависят от свойств поверхностного слоя спланированных отвалов и нанесенного плодородного (гумусового) слоя, а также их мощности. Плодородие этих техногенных почв зависит от следующих показателей: 1) каменистости всей почвы и содержания физической глины и ила в мелкозем; 2) содержания органического углерода и гумуса; 3) содержания подвижных форм фосфора и калия; 4) плотности сложения; 5) удельной поверхности и индекса удельной поверхности. Интегральными показателями среди них является удельная поверхность, которая представляет собой функцию механического состава и содержания органического углерода, и индекс удельной поверхности, т.е. функция удельной поверхности и плотности сложения.

Соответствующие данные отвального материала и нанесенного гумусового горизонта приведены в таблице 1.

Следует отметить, что диапазон активной влаги (ДАВ) в десятисантиметровом покровном слое гумусового материала на 19 мм больше, чем в отвальном (соответственно 28 и 9 мм). Следо-

Таблица 1

Агрономическая характеристика техногенных рендзинов

Показатели	Плодородный слой		Отвальный материал	
	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n
1. Содержание мелкозема (%)	85	72	29	80
2. Содержание частиц 0,01 мм (%)	34,8	16	37,3	16
3. Содержание частиц 0,001 мм (%)	17,9	16	16,0	16
4. Содержание органического С (%)	1,86	72	8,9	80
5. Содержание гумуса (%)	2,86	72	—	—
6. Плотность сложения (г. см <sup>3</sup> )	1,35	41	1,81	18
7. Содержание подвижных форм Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> (мг на 100 г)	33,5	180	2,14	159
8. Содержание подвижных форм К <sub>2</sub> О (мг на 100 г)	16,7	180	6,14	160
9. Содержание микроэлементов (мг/кг)				
Cu	7,32	20	4,28	20
Mn	200	20	50	20
B	0,41	20	0,09	20
10. Влажность завядания (% объема)	10,7	78	3,6	16
11. Наименьшая влагоемкость (% объема).	38,5	78	12,4	16
12. Диапазон активной влаги (% объема).	27,8	78	8,8	16



чительно, запас усваиваемой влаги при наименьшей влагоемкости в изучаемых техногенных рендзинах зависит в основном от мощности гумусового горизонта (табл. 2).

Таблица 2

Диапазон активной влаги (ДАВ) техногенных рендзинов

Опытный участок	Мощность горизонта $A_1$ , см	ДАВ, мм		
		В горизонте $A_1$	В отвальном материале	ДАВ (в 75-сантиметровом слое)
1	0	0	66	66
2	16	44	52	96
3	27	75	42	117
4	36	100	34	134
5	47	131	25	156
6	52	145	20	165
7	62	173	11	184

Диапазон активной влаги отвального материала, обусловленный главным образом высокой каменистостью, очень незначительный ( $ДАВ_{75}=66$  мм). Опыты показывают, что только люцер-на, благодаря хорошо развитой корневой системе, может в неко-торой мере усваивать влагу и давать урожай.

Поэтому на техногенных рендзинах только при покрытии их гумусовым слоем мощностью около 50 см можно достичь равно-ценного с лучшими почвами Эстонии (почвы Пайдеского района с  $ДАВ_{75}=162$  мм) запаса усваиваемой влаги при наименьшей влагоемкости.

Для получения достаточного количества плодородного мате-риала нужно снять перед разработкой не только гумусовый гори-зонт, но и часть почвы из-под гумусового горизонта с низким со-держанием камней и щебня (рихка). Максимальная глубина сня-того слоя может достигать двукратной мощности гумусового го-ризонта. Кроме пашни нужно снять гумусовый горизонт и со всех сенокосов, пастбищ и кустарников. Нанесение гумусового горизонта связано с трудностями, в результате чего наблюдает-ся неравномерное распределение нанесенного материала. Глав-ными причинами неодинаковой мощности слоя являются низкое качество планировки и неравномерная осадка поверхности (обра-зуются микроложбины глубиной до 1,5 м). При чистовой плани-ровке, которую проводят через два-три года после грубой, не удастся достаточно гладко разравнять поверхность отвального материала. При планировке нанесенного материала часть микро-ложбин заполняется гумусовым материалом, а на повышенных участках мощность его недостаточна.

Проведенные исследования на 19 га рекультивированных полей свидетельствуют о значительном колебании мощности нанесенного гумусового горизонта: 5% площади покрыты слоем мощностью только до 20 см, 16% — 25...35 см, 58% — 40...60 см и 21% — 65...110 см. Рассматривая использование плодородного материала при сельскохозяйственной рекультивации, видим, что перерасходовано 4690 м<sup>3</sup> (5%) плодородного материала, за счет которого можно было бы дополнительно покрыть 0,94 га отвалов. Для эффективного земледелия на рекультивированных полях с мощностью гумусового горизонта менее 35 см требуется выполнение ремонтных работ с дополнительным нанесением еще 4732 м<sup>3</sup> или 5% плодородного материала, что по установленным нормам требуется для покрытия 0,95 га отвалов.

Кроме изменения мощности гумусового горизонта резко чередуется и его механический состав, а на участках встречаются рядом суглинистые и песчаные материалы (фото 14). Часть микроложбин является замкнутой и в них застаиваются поверхностные воды.

В результате вышеизложенного наблюдается большая пестрота почвенного покрова рекультивированных полей (табл. 3)

Таблица 3

Запасы подвижных форм питательных веществ и гумуса в 75-см слое техногенных рендзинов

Опытный участок	Мощность горизонта A <sub>1</sub> , см	Запасы		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ц/га)	K <sub>2</sub> O (ц/га)	Гумуса (т/га)
1	0	2,8	8,4	—
2	16	9,2	8,7	40
3	27	15,0	10,9	86
4	36	18,2	11,3	102
5	47	21,2	16,1	171
6	52	24,9	15,8	177
7	62	28,9	19,4	240

и резкие различия в плодородии техногенных почв уже на сравнительно ограниченной площади. До добычи горючих сланцев на рекультивированном участке было только пять контуров мало- и среднеразличающихся почв. После рекультивации здесь имеется 7 контуров избыточно увлажненных и 47 недостаточно увлажненных почв.

В результате точного выполнения всех технических требований рекультивации бонитет техногенных почв удастся довести до 65 баллов. Но вследствие огрехов планировки и неравномерного нанесения гумусового горизонта плодородие рекультивированных полей весьма пестрое и колеблется в пределах 20...65 баллов.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что переданные колхозу рекультивированные нарушенные земли на площади 19 га нельзя считать пашнями с высоким плодородием, как это было перед нарушением. Главной причиной этого является недоброкачественная техническая рекультивация.

За технической рекультивацией следует этап биологической рекультивации, в течение которого происходит восстановление плодородия земель. В этот период на рекультивируемых участках происходит обогащение почвы органическими веществами и азотом, разрыхление гумусового слоя и отвального материала, а также восстановление их биологической активности. В этот период рекультивируемые участки числятся как земли, находящиеся в мелиоративном состоянии.

Продолжительность биологического этапа, если плодородный почвенный материал используется для рекультивации сразу после его снятия — 4 года. Если же плодородный материал используется через склады, то биологический этап продлевается до 8 лет.

Весной 1976 г. на планированных отвалах с разной мощностью нанесенного плодородного слоя (0...70 см) заложили полевые опыты. Площадь опытного участка около 1 га. Всего заложили 768 делянок, которые разделены на 16 участков. Общая площадь делянки — 4 м<sup>2</sup>, а учетная — 1 м<sup>2</sup>. На каждом участке выращивали рожь, картофель, ячмень, полевые травы первого и второго годов использования и люцерну. Использование нормы

Таблица 4

Средний урожай полевых культур (ц/га) на опытном участке

Глубина гумусового горизонта, см	Фон удобрений кг/га N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O (1:1:1)			
	0	120	240	360
<b>Рожь «Вамбо»</b>				
0	2,7	9,5	16,2	22,9
27	15,5	31,1	38,9	39,0
52	26,9	40,6	46,5	44,0
<b>Картофель «Штиглиц»</b>				
0	87,4	133,0	178,6	224,1
27	196,0	310,9	379,6	402,0
52	342,5	385,9	409,9	409,5
<b>Ячмень «Надя»</b>				
0	2,9	9,3	15,7	22,1
27	17,5	30,6	37,0	36,9
52	32,8	38,3	40,6	39,7

Таблица 5

## Средний урожай полевых культур (ц/га) на опытном участке

Глубина гумусового горизонта, см	Фон удобрений кг/га $P_2O_5 + K_2O$ (1 : 1)		
	0 ... 80	120 ... 160	200 ... 280
<b>Люцерна</b>			
0	44,4	59,3	62,3
27	57,5	59,3	58,6
52	61,0	65,9	67,8
<b>Полевые травы первого года использования</b>			
0	39,6	43,8	44,6
27	66,8	65,7	60,6
52	67,6	64,7	57,8

Таблица 6

## Средний урожай полевых трав второго года использования (ц/га) на опытном участке

Глубина гумусового горизонта, см	Фон удобрений кг/га $N + P_2O_5 + K_2O$ (1 : 1 : 1)		
	0 ... 120	180 ... 240	360 ... 420
0	35,5	48,2	46,9
27	61,9	64,9	63,5
52	72,8	70,6	67,3

удобрения от 0 до 140 кг/га, N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  по 20 г на делянку. В севообороте картофель получил навоза из расчета 80 т на га.

В результате опытов можно подвести некоторые итоги о влиянии мощности гумусового горизонта и внесенных различных доз минеральных удобрений на урожайность полевых культур. Если элиминировать влияния погоды, то урожай зависит именно от вышеупомянутых условий.

Средний урожай полевых культур за пять лет (таблицы 4...6) вычислен по данным урожайности техногенных почв.

В разные годы средние урожаи полевых культур на маломощном гумусовом слое сильно колебались. Максимальные урожаи полевых культур получены в среднем за пять лет на почвах, имеющих следующую мощность гумусового горизонта: ячмень — 45...66 см, рожь — 50...68 см, картофель — 44...57 см и полевые травы первого года использования — 28...34 см, в зависимости от доз удобрений.

Существенным фактором при формировании эффективности минеральных удобрений является запас усваиваемой растениями

влаги в почве — питательные вещества усваиваются из почвы только в растворимой в воде форме. В почвах с большим диапазоном активной влаги кратковременные засушливые периоды не служат причиной уменьшения эффективности минеральных удобрений, и урожай почти не зависит от погодных условий.

Если же мощность гумусового горизонта уже на маленьких участках варьирует в больших пределах, то невозможно экономично использовать такие почвы в сельском хозяйстве, так как отсутствует возможность правильного осуществления дозирования удобрений.

## **AGRICULTURAL RECULTIVATION IN THE OIL-SHALE BASIN OF THE ESTONIAN SSR**

**E. Leedu, E. Kitse**

### **S u m m a r y**

The paper deals with the possibilities for the agricultural recultivation of areas disturbed by the open mining of oil-shale. The author discusses the agricultural properties of the detritus and the fertile layer of earth brought from elsewhere to cover it. The data gathered during five years of experiments show the influence of the depth of the fertile earth layer and fertilisation on the abundance of the harvests of the crops sown on such lands. The results of the measurements carried out on the first 19 hectares of recultivated fields give evidence of extremely great differences in the depth of the fertile earth layer and consequently also in the amount of water, absorbed by the soils. This points to the conclusion that fields with such an uneven layer of humus cannot be cultivated effectively, for such soils cannot be fertilised properly owing to their great variety.

## ВЛИЯНИЕ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЭСТОНИИ

Ю. А. Сультс

ГПИИ «Эстмелиопроект»

Отрицательное влияние горных работ на природную среду на территориях шахт «Эстония», «Ахтме», «Виру», а также в порядке прогноза для шахт «Куремяэ» и «Пермискула» изучалось нами в течение нескольких лет в сотрудничестве с Эстонским филиалом ИГД им. А. А. Скочинского и Эстонским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства и охраны природы.

Характер воздействия подземных горных работ на природную среду во многом зависит от способа управления кровлей. Все варианты подземной технологии добычи можно разделить на две категории: с временным поддержанием и с обрушением (посадкой) кровли.

При технологии добычи с временным поддержанием кровли во время проведения горных работ покрывающие породы держатся на целиках. Такой вариант является основным при камерной системе разработки. При такой технологии по окончании горных работ в большинстве случаев (около 90% блоков) покрывающая толща зависит на неопределенное время. Эта технология добычи связана с большой потерей полезных ископаемых, остающихся под землей в целиках.

При технологии добычи с обрушением кровли (камерная система разработки с принудительной посадкой кровли — ручные, механизированные и комбайновые лавы) опускание кровли и земной поверхности происходит во время горных работ. Величина оседания земной поверхности при применении разных способов управления горным давлением в сланцевых шахтах зависит главным образом от мощности покрывающих пород и мощности добываемого сланца в лаве. Глубина оседания возрастает с увеличением мощности разрабатываемого слоя. Обычно величина осадок составляет 1—2 м.

Отрицательное влияние оседаний можно разделить на две

группы: ухудшение условий землепользования и количества или качества производства, т.е. экономический ущерб, и резкие изменения водного режима, понижение качества водных ресурсов и др. экологические нарушения.

Выполнение подземных горных работ вызывает на разных категориях землепользования различные нарушения естественных условий. На сельскохозяйственных землях оседание поверхности вызывает нарушения в осушительных системах, в результате чего общая нарушенная площадь намного больше, чем заливаемые водой мульды; мульды на умеренно увлажненных сельскохозяйственных землях с более тяжелым составом грунтов превращаются в избыточно увлажненные и периодически заполняются водой, а на почвах с легким составом повышается засухоопасность.

На лесных землях отрицательное влияние зависит главным образом от геолого-гидрологических и почвенных условий. Влияние нарушений похоже на картину нарушений сельскохозяйственных земель. Насаждения гибнут. Выходят из строя осушительные системы и дорожная сеть.

На болотах мульды затопляются водой. Через некоторое время залеж торфа всплывает на поверхность воды. Осушение такой топи связано с большими техническими трудностями.

Возможности удаления воды из мульд сводятся к созданию открытой осушительной сети, водосливу посредством вертикального дренажа в отработанные горизонты, или же комбинации этих двух систем. Выполнение таких мелиоративных работ в весьма сложных условиях связано с большими трудностями и затратами, но для ввода таких земель в хозяйственный оборот требуется выполнение кроме мелиоративных еще основательных культуртехнических работ.

## THE INFLUENCE OF THE SETTING OF THE SURFACE OF THE EARTH ON THE NATURAL ENVIRONMENT IN NORTH-EAST ESTONIA

Y. Sults

### Summary

The underground mining of soil-shale brings about the setting of the deposits above the layers that have been removed, which leads to the sinking of the ground by 1—2 metres. The resulting depressions — moulds — are filled with surface water, the forest perishes and the grass cover is destroyed. The drainage and recultivation of the moulds involves great difficulties.

## **ПРИРОДООХРАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ КУРТНАСКОГО КАМОВОГО ПОЛЯ**

**Я.-М. К. Пуннинг**

Институт геологии АН ЭССР

Прогнозирование изменений окружающей среды под влиянием как естественных, так и техногенных факторов является одной из самых актуальных проблем. Нами ставилась задача разработать геохимические и экологические критерии для реконструкции природных условий и оценки вклада техногенной нагрузки на окружающую среду. Актуальность поставленной задачи двояка: с одной стороны, планируемые исследования позволяют изучать фундаментальную научную проблему — процессы переноса и трансформации химических элементов и соединений, а также факторы, управляющие этими процессами; во-вторых, выявить изменения в экологической ситуации в так называемых фоновых (доантропогенных) условиях. Такой подход довольно сложен, так как спектр природных факторов, посредством которых происходит перенос и трансформация химических элементов, широк, часто отсутствуют строгие и однозначные коррелятивные связи между причиной и следствием — изменениями в развитии биоты или в структурах ландшафтно-геохимических систем. Сложность поставленной задачи определила и выбор региона опробования разработанного комплексного подхода.

Наиболее подходящим оказалось Куртнаское камовое поле, территория которого с запада окаймлена склоном Ахтмеской платообразной водораздельной возвышенности и с востока — заболоченной Нарвской низиной. По геологическому строению она представляет собой заполненную четвертичными отложениями, в основном флювио- и лимногляциальными песками древнюю долину. Относительно однородные по гранулометрическому составу и схожие по генезису отложения и плохоразвитые процессы почвообразования на всей территории позволяют считать влияние изменений эдафического фактора в течение голоцена незначительным.

Находящиеся на исследуемой территории многочисленные



озера и болота с мощными комплексами донных отложений позволяют провести комплексный анализ изменений географической среды и экологических условий в течение всего голоцена. Питание озер грунтовыми водами с высоким содержанием бикарбонат- и карбоната иона обеспечило постоянную слабощелочную реакцию в водоемах, что упрощает восстановление закономерной миграции химических элементов в системе вода — донные отложения. И, наконец, решающим при выборе региона было и то обстоятельство, что Куртнаское камовое поле находится под непосредственным влиянием интенсивного техногенного воздействия. Поэтому здесь наиболее четко должны проявляться факторы антропогенного воздействия на развитие болот и озер. Кроме того, район, будучи уникальным природным комплексом, является зоной отдыха для жителей крупного промышленного центра — г. Кохтла-Ярве.

Для проведения комплексных исследований в Институте геологии АН ЭССР совместно с кафедрой физической географии ТГУ была разработана программа, которая состоит из нескольких этапов.

I этап 1. Разработка методов исследования механизма и прогноза природных процессов.

II этап 2. Установление трендов развития в прошлом и изменений природной среды в настоящее время.

3. Реконструкция природных условий прошлого.

III этап 4. Составление прогнозов (на основе п. 2, 3).

IV этап 5. Управление процессами (на основе п. 2, 3, 4).

Как видно из вышеприведенного, научные исследования состоят в выявлении хода широкого комплекса физико-географических условий в прошлом (в «доантропогенное время») и создании на этой основе прогнозов изменений природной среды под воздействием естественных факторов. Параллельно ведутся исследования по количественной оценке современного состояния и трендов развития также ландшафтно-геохимических систем. Полученная информация служит основой для создания моделей, позволяющих оценить влияние техногенных факторов и антропогенного воздействия в конкретной физико-географической ситуации.

Основную информацию об изменении гидрологических и термических условий прошлого дают разрезы торфяных залежей и колонки донных отложений. Основываясь на результатах ботанического анализа торфа и математической обработки споровопыльцевых данных, можно восстановить динамику развития древней растительности, а также изменения гидротермических условий. Изменение вещественного состава донных отложений озер позволяет восстановить колебания уровня воды в озерах за весь голоцен. Параллельно образцы торфа и донных отложений подвергаются химическому анализу. Как и можно было предпо-

ложить, концентрация некоторых химических элементов в осадках колеблется в больших пределах, что говорит о сильном влиянии условий формирования осадков на его химический состав. Иногда содержание некоторых химических элементов, в т.ч. тяжелых металлов в отложениях доантропогенного времени превышают их концентрации в современных, такого же типа отложениях.

Чтобы восстановить динамику природных процессов, нами применяются методы  $^{14}\text{C}$  и  $^{210}\text{Pb}$ , позволяющие с достаточной точностью датировать отложения, накопившиеся с начала голоцена до наших дней.

Данные химического анализа позволяют вычислить количество отдельных элементов, привнесенных через атмосферу за определенные отрезки времени (данные по торфяным залежам) или через гидросферу (данные по донным отложениям проточных и изолированных озер).

Такие исследования очень важны в связи с проблемой установления т.н. фоновых значений концентрации отдельных элементов. Весьма часто в исследованиях по состоянию окружающей среды техногенную нагрузку оценивают, сравнивая полученные данные по районам с развитой промышленностью с данными т.н. «фоновых» станций — станций, отдаленных от промышленных центров. Такой подход методически неверен. Например, в периоды с более теплыми климатическими условиями содержание хлора в изученных нами разрезах повышается, повышение серы может быть связано с периодами повышенной вулканической активности, в зависимости от уровня воды в озерах и условий аэрации могут образовываться геохимические барьеры и соответствующие ассоциации химических элементов, задерживаемых и накапливающихся на этих барьерах. Поэтому сравнивать содержание отдельных элементов в современных условиях или отложениях нецелесообразно только с данными для этого же района для отложений, накопившихся в доантропогенный период, в близких к современным физико-географическим условиям.

Должное внимание уделяется изучению озер и озерных отложений. Во всех озерах почти круглогодично в придонных слоях воды наблюдается резкий дефицит кислорода, что говорит об их эвтрофикации. Нехватка кислорода частично компенсируется восстановлением нитратов до аммиака и азота, а сульфатов до сероводорода. Созданный восстановительный геохимический барьер содействует накоплению тяжелых металлов в донных отложениях. Такие условия в большинстве озер усиливаются, так как в результате откачивания воды возникает депрессия, и уровень воды во многих озерах за последние десятилетия снизился на 2—2,5 м.

Наши наблюдения и фондовые материалы позволили выявить

прямую корреляцию между объемами откачиваемой из погребенной Вазавереской долины воды и уровнем воды озера Мартиска. Следует отметить, что как в этом, так и во многих других озерах уровень воды уже достиг крайне низкого значения и дальнейшее его понижение связано с серьезными изменениями в ландшафтных геосистемах и озерной экосистеме. Например, дальнейшее понижение уровня воды в оз. Мартиска снижает объем воды в озере только на 11%, но при этом площадь озера уменьшается наполовину.

Важное значение имеет установление гидрологического режима замкнутых водоемов и вклада отдельных составных в баланс питания озер. Первые изотопные данные показывают, что в некоторых озерах (напр. оз. Юмаръярв) контакт с грунтовыми водами активный, и вода в котловинах меняется быстро, в других (оз. Мартиска, Валгеярв, Курадиярв и др.) питание грунтовыми водами в общем балансе имеет мало важное значение. Для составления математических моделей требуются более длинные периоды наблюдений.

Анализ макроостатков из торфов и диатомовой флоры из озерных отложений проводится с целью установления предела чувствительности отдельных ассоциаций к изменениям внешних условий.

При накоплении нужного количества исходного материала следует его математическая обработка для создания моделей энерго- и массообмена. Хочется подчеркнуть, что главной целью этих весьма трудоемких исследований является не только изучение состояния и динамики развития Куртнаского камового поля, но и разработка теоретических основ и основных принципов для создания соответствующих моделей и для других регионов.

## **NATURE PROTECTION INVESTIGATIONS IN THE KURTNA KAME FIELD**

**J.-M. Punning**

### **S u m m a r y**

The Kurtna kame field with its unique lakes is situated in an area of intensive industrial activity. The clearly expressed landscape structure together with the heavy technogenous load determined the choice of this area for complex nature protection investigations. The main peculiarity of the study programme is investigation into the intensity of biogeochemical processes dependent on the changes in the natural conditions. The result of such investigations will make it possible to predict the development of the environment in certain technogenous — natural conditions. The article gives a survey of the investigation strategy and the study methods applied.

# **ОХРАНА ПРИРОДЫ В ДРУГИХ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ**

---

## **ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИТУАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННО ОСВОЕННЫХ РЕГИОНАХ**

**А. В. Дончева**

Московский государственный университет

В промышленно освоенных регионах, как правило, складывается сложная экологическая обстановка как для человека, так и для биоты ландшафта. Напряженность экологических ситуаций в этих регионах диктует природоохранную стратегию, особенно при определении и планировании потребности в капиталовложениях на охрану природы. Оценить сложность и конфликтность природно-хозяйственных ситуаций в промышленно освоенных регионах необходимо прежде всего для нормализации экологической обстановки и решения эколого-ресурсных и эколого-хозяйственных вопросов.

Характеристика экологической обстановки в промышленно освоенных регионах — это прежде всего оценка экологической опасности территориальных сочетаний отраслей народного хозяйства и оценка интенсивности техногенных нагрузок на ландшафт. Существуют различные подходы к оценке антропогенных нагрузок, например, используются геохимические показатели /2/, а также показатели уровня промышленного развития промышленного потенциала территории /3/.

Для оценки техногенных нагрузок в промышленно освоенных регионах была разработана методика расчета следующих количественных показателей: индекса промышленной освоенности территории, индекса интенсивности техногенных нагрузок, а также индекса экологической опасности территориальных сочетаний отраслей промышленности.

Безразмерный индекс промышленной освоенности территории рассчитывался по показателям валовой продукции на единицу площади в рамках административного деления территории СССР. При всем несовершенстве удельного показателя валовой продукции он в первом приближении позволяет судить о промышленной

освоенности территории и техногенном давлении на нее. Существует также территориальный предел насыщения производством при определенном развитии техники и технологии в рассматриваемом регионе, при достижении которого создается высокая экологическая опасность для существования человека. Если условно принять интенсивность техногенного воздействия пропорциональной территориальному индексу валовой продукции в миллионах рублей, соотнесенной с площадью административных единиц, то интенсивность промышленной освоенности территории выявляется при соотнесении этого показателя со средним или минимальными значениями по стране.

Значения индекса промышленной освоенности изменяются по стране от 1 до 500 и более. Было выделено десять классов промышленной освоенности территории: I — 0—1; II — 1—5; III — 5—10; IV — 10—20; V — 20—50; VI — 50—75; VII — 75—100; VIII — 150—250; XI — 250—500; X — более 500. Для районов с очень сильной промышленной освоенностью значения индекса составляют более 500; в сильноосвоенных районах индекс равен 450—500; 150—250. Для районов с освоенностью выше средней характерны следующие значения индекса: 75—100; 50—75; а для среднеосвоенных — 20—30. В слабоосвоенных районах индекс равен 10—20 или 5—10. Самые низкие значения индекса — 0—1 и 1—5 присущи неосвоенным районам.

Индекс интенсивности техногенных нагрузок на природу СССР в рамках административного деления рассчитывается следующим образом: объем валовой продукции каждой отрасли хозяйства умножается на индекс экологической опасности отрасли\*.

Затем эти данные суммировались по всем отраслям промышленности в регионе и рассчитывались удельные нагрузки на единицу площади. Эти показатели соотносились со средними значениями по всей промышленности СССР. Таким же образом оценивалась интенсивность техногенных нагрузок промышленности с учетом занятого персонала, только вместо значения валовой продукции проставлялись значения занятого персонала.

Индекс техногенной нагрузки промышленности на природу представлен в виде дроби: *в числителе* — индекс экологической опасности территориальных сочетаний отраслей народного хозяйства, рассчитанный с учетом занятого персонала в промышленности и соотнесенный со средними значениями по СССР в целом; *в знаменателе* — индекс экологической опасности территориальных сочетаний отраслей народного хозяйства, рассчитанный с учетом валовой продукции и соотнесенный со средними значениями по СССР в целом. Наиболее интенсивна техногенная

---

\*Методику расчета индекса экологической опасности см.: Дончева А. В. Марковская А. В., Семенова Л. А. /4/.

нагрузка на территориях со значениями индекса от 50 до 200 и особенно выше 200, менее интенсивна от 30 до 50, а также от 20 до 30 и 10—20, незначительна нагрузка с индексом от 1 до 10 и особенно мала на территориях с индексом от 0.3 до 1.0. Острота экологических обстановок в промышленно освоенных регионах также может характеризоваться плотностью выбросов и экологической опасностью суммации всех выбросов в регионе. Так, например, расчет индексов экологической опасности загрязнения атмосферы по выбросам городов производился следующим образом: объем выбросов каждой отрасли перемножался на индекс токсичности отрасли, разработанный нами ранее /4/. Затем данные по отраслям суммировались и рассчитывались удельные значения на тысячу жителей. Показатель относительной экологической опасности рассчитывался при соотношении этих значений со значениями, присущими городу с недетерионантными отраслями промышленности, который характеризовался абсолютным минимумом в СССР. Показатель экологической опасности сочетания выбросов отраслей имеет значения от 1 до 4000. Выделяются следующие градации: 2000—4000; 2000—1000; 500—1000; 200—500; 100—200; 50—100; 20—50; 0—20. Особенно опасно сочетание высокой степени экологической опасности загрязнения выброса городов и высокого потенциала загрязнения атмосферы. Разработанная методика позволяет выявить промышленно освоенные регионы и дать количественную характеристику экологических обстановок в них.

Для выявления региональных проблемных ситуаций на примере ЕТС была проведена типизация ландшафтов по их хозяйственному использованию на уровне вида использования ландшафта\*. При анализе степени хозяйственного использования равнинных ландшафтов Европейской части СССР и выявления его последствий была дана оценка сельскохозяйственного, лесохозяйственного, промышленного, рекреационного использования ландшафтов, а также степени их урбанизированности. Была подсчитана площадь под различными видами пользования ландшафтов и оценена функциональность использования. По сочетаниям различных видов использования и его интенсивности (выделено 5—6 градаций интенсивности использования) удалось выявить основные типы хозяйственного использования ландшафтов.

По доминированию одного вида использования выделены ландшафты преимущественно промышленного использования, преимущественно сельскохозяйственного использования, преимущественно рекреационного использования, преимущественно ур-

---

\* Использовалась карта «Ландшафты СССР» м-ба 1 : 8 млн., составленная сотрудниками кафедры физической географии СССР и прогнозной группы № 2 под научной редакцией проф. Т. В. Звонковой и проф. Н. А. Гвоздецкого.

банизированные, преимущественно лесохозяйственного использования.

По сочетанию и интенсивности видов хозяйственного использования выявились следующие типы (возможные варианты сочетаний) хозяйственной освоенности:

- очень сильно освоенные ландшафты многофункционального использования как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении, с высокой степенью урбанизированности;
- сильноосвоенные ландшафты как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении;
- сильноосвоенные ландшафты с преобладанием промышленного использования;
- сильноосвоенные ландшафты с преобладанием сельскохозяйственного использования;
- среднеосвоенные ландшафты с промышленным использованием;
- среднеосвоенные ландшафты урбанизированные;
- среднеосвоенные ландшафты с лесохозяйственным использованием;
- среднеосвоенные ландшафты рекреационного использования;
- слабоосвоенные ландшафты со слабым рекреационным, лесохозяйственным, либо сельскохозяйственным использованием;
- не освоенные ландшафты, не используемые в хозяйстве.

Так, например, в зоне тундры и лесотундры наиболее сильной техногенной трансформации подвержены ландшафты структурно-денудационных равнин, пенепленов, лишайниковые и мохово-лишайниковые, а также лишайниково-кустарниковые тундры с березовым криволесьем. Высокая промышленная освоенность этих ландшафтов вызвала нарушение их литогенной основы на больших площадях. Под воздействием производства цветной металлургии происходит коренная перестройка структуры ландшафтов, выпадение видов биоты, развитие эрозии, нарушение водного баланса ландшафтов, накопление техногенных веществ в водах и почвах.

Для зоны лесотундры характерны ландшафты слабой хозяйственной освоенности. Наиболее освоенными являются ландшафты структурно-денудационных возвышенных равнин березово-криволесных с елью, частично заболоченных с тундровыми и подзолисто-глеевыми почвами.

Ландшафты северной и средней подзон лесной зоны наиболее освоены в лесохозяйственном отношении. Наибольшие современные ареалы лесодобычи наблюдаются в структурно-денудационных возвышенных равнинах с еловыми, елово-березовыми и сосновыми древостоями на подзолистых почвах, а также в ландшафтах аллювиальных и аллювиально-дельтовых равнин с сосново-еловыми лесами на подзолистых почвах.

В лесной зоне к ландшафтам многофункционального использования с очень сильной степенью промышленной освоенности и высоким уровнем урбанизированности и рекреационного использования относятся ландшафты ледниковых равнин с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почвах, озерно-ледниковых и водноледниковых равнин с сосновыми и широколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах, а также лессово-суффузионных равнин широколиственных с серыми лесными почвами и черноземами оподзоленными. Большинство ландшафтов юга лесной зоны характеризуются сильной промышленной и сельскохозяйственной освоенностью, причем наиболее урбанизированы ландшафты морских равнин с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах.

Сельскохозяйственная освоенность ландшафтов лесной зоны неодинакова. Наиболее распаханы ландшафты средней и южной части зоны. В ландшафтах лессово-суффузионных равнин широколиственных с буком и грабом, светлосерыми и серыми лесными почвами, доля пашни составляет 72,4% от общей площади. Очень высокая степень сельскохозяйственной и промышленной освоенности присуща наиболее освоенным ландшафтам эрозионно-денудационных равнин на складчатом основании разнотравно-злаковых с черноземами типичными, местами карбонатными. Наиболее урбанизированными ландшафтами степной зоны являются эрозионно-денудационные равнины на складчатом основании, разнотравно-злаковые с черноземами типичными, а также эрозионно-денудационные равнины на складчатом основании, остепненные, луговые, с черноземами южными солонцеватыми.

Для зоны полупустынь характерна слабая хозяйственная освоенность. Наиболее освоенными в сельскохозяйственном отношении являются ландшафты морских равнин полынно-типчаковых супесчано-глинистых со светлокаштановыми почвами. Ландшафты лессово-суффузионных равнин полынно-типчаково-злаковых каменисто-щебнистых и лессово-суглинистых со светлокаштановыми солонцеватыми почвами — преимущественно рекреационного использования. В целом ландшафты зоны пустынь характеризуются слабой степенью хозяйственного использования.

Заметим, что наиболее сильной техногенной трансформации и глубокой ломке морфоструктуры подвергаются ландшафты многофункционального пользования при интенсивном их использовании промышленностью и сельским хозяйством, при высокой урбанизированности территории. В дальнейшем предполагается провести анализ соответствия структуры хозяйственного использования ландшафтов их природному потенциалу, что необходимо для оценки рациональности их использования. Это позволит



выявить и предвидеть региональные конфликтные природно-хозяйственные ситуации на ландшафтном уровне.

Таким образом, в основу методики выявления природно-хозяйственных ситуаций экологического значения может быть положен анализ ландшафтного фона территории, ее хозяйственной освоенности, рациональности использования природного потенциала ландшафта и его соответствия современной структуре хозяйства. Несложно выявить ареалы действия парных конфликтных ситуаций, гораздо сложнее выявить весь спектр природно-хозяйственных ситуаций при многофункциональном использовании ландшафтов. Методическая трудность состоит в том, что каждый вид хозяйственной деятельности осуществляется в рамках определенного ареала, которые при наложении не совпадают. Методически оправдано поэтому оценивать конфликтные ситуации на территориях определенного использования.

Наиболее сложные природно-хозяйственные ситуации между промышленностью и другими видами использования ландшафтов формируются в регионах с сильной промышленной освоенностью, в так называемых «импактных» зонах, в которых значительно поступление промышленных выбросов, а также интенсивны и другие виды техногенных нагрузок. Так, например, в странах Западной Европы в ландшафты поступает сернистого ангидрида до 100—150 т/км<sup>2</sup>, а в Лондонской конурбации это значение возрастает до 269 т/км<sup>2</sup> (1).

В зонах интенсивного поступления выбросов промышленности наиболее острые конфликтные ситуации возникают на сельскохозяйственных землях, особенно при ведении пригородного хозяйства. Зримые экологические последствия от потребления продуктов сельского хозяйства, выращенных в сферах воздействия цветной и черной металлургии, химического производства и т.д. будут ощущаться уже в ближайшее время. Кроме того, экологически опасные ситуации создаются при интенсивном техногенном воздействии на крупные массивы пахотных земель и массивы орошаемых земель. Крайне опасно использование в поливном земледелии даже «условно чистых» сточных вод производства цветных металлов. Техногенное воздействие осложняет выращивание сельскохозяйственных культур в районах рискованного и затрудненного земледелия, а иногда делает его невозможным.

В результате интенсивных техногенных нагрузок ландшафт теряет свой рекреационный потенциал, т.е. затрудняется его использование под рекреацию. В импактных зонах рекреационное использование ландшафта становится экологически опасным. При возрастании урбанизации территории резко усложняются парные природно-хозяйственные конфликты: промышленность — сельское хозяйство, промышленность — рекреация и создается реальная угроза здоровью человека.

Таким образом, природно-хозяйственные ситуации создают

ся за счет конфликтных, исключаящих друг друга, пользований ландшафтов, при резком снижении или потере под воздействием промышленности природно-ресурсного потенциала ландшафта, при переиспользовании территории, когда формируется экологически опасная ситуация для человека и ландшафта, сложные эколого-ресурсные и эколого-хозяйственные условия.

Анализ природно-хозяйственных ситуаций экологического значения возможен как в рамках природных (ландшафт, физико-географическая провинция, бассейн определенного порядка), так и в рамках административных границ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшулер И. И., Романова Э. П. Техногенные выбросы окислов серы в атмосферу в Западной Европе // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр., 1980. — № 3. — С. 55—60.
2. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М., 1982. — С. 7—28.
3. Дербинова М. П., Сорокикова Н. В. Принципы интегральной оценки антропогенной нагрузки: Районирование территории экологического региона // Региональный экологический мониторинг. — М.: Наука, 1985. — С. 9—21.
4. Дончева А. В., Марковская А. В., Семенова Л. А. Методика оценки интенсивности техногенных воздействий на природную среду и степени экологической опасности отраслей промышленности // Географическое обобщение экологических экспертиз / Под ред. Т. В. Звонковой. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 208 с.

## NATURAL AND ECONOMIC SITUATIONS OF ECOLOGIC SIGNIFICANCE IN INDUSTRIALLY DEVELOPED REGIONS

A. Doncheva

### Summary

The author considers the possibilities of establishing the natural and economic conditions of regions where the ecological situation has become complicated. She discusses the methods applicable for the evaluation of the level of the industrial development and the intensity of the technogenous impacts on the natural environment of a given area. The results of the evaluation of the economic utilisation of landscapes at a species level are presented using the European part of the Soviet Union as an example.

## **ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Г. А. Зайцев**

Московский государственный университет

Территории, испытывающие отрицательное влияние горнодобывающей и перерабатывающей промышленности примерно в 10 раз превышают площади с нарушенным рельефом и почвенным покровом. Половина этой площади приходится на торфоразработки, кроме того, земли разрушаются при добыче минерального сырья, в особенности открытым способом на площади 850 тыс. га. Предполагается, что к 1990 году площадь нарушенных земель в нашей стране возрастет до 3 млн. га. В соответствии с требованиями Земельного законодательства СССР рекультивация земель, нарушенных промышленностью, проводится в обязательном порядке всеми предприятиями и организациями, использующими земельный фонд. Рекультивация означает восстановление плодородия и хозяйственной ценности нарушенных земель. Основу рекультивации составляет комплекс инженерно-технических мероприятий по восстановлению рельефа нарушенной территории и приведению его к виду, обеспечивающему возможность дальнейшего хозяйственного использования земель.

Поверхность нарушенных, и рекультивированных земель представляет собой техногенный рельеф, который является объектом исследования антропогенной геоморфологии, сравнительно нового и важного раздела современной геоморфологической науки. В связи с рекультивацией возникает целый ряд специфических проблем геоморфологического характера — описание элементарных форм техногенного рельефа, типология и классификация нарушенных земель и техногенных форм, изучение влияния техногенных факторов на интенсивность рельефообразующих процессов, выявление роли и оценка масштабов естественных и техногенных факторов в формировании современного рельефа и его динамики во времени, разработка методов количественной оценки и картографирования техногенных изменений рельефа.

Несмотря на то, что практический опыт рекультивации в нашей стране уже насчитывает более двадцати пяти лет, продолжает оставаться нерешенным вопрос классификации нарушенных земель, нарушенного и восстановленного рельефа. Все современные классификации техногенного рельефа опираются на генетический принцип. В генетических классификациях выделяют категории рельефа прежде всего по признаку происхождения. Самые крупные таксономические категории — классы рельефа различаются по источникам энергии рельефообразующих процессов и по характеру обуславливаемых ими перемещений вещества земной коры. Совершенно справедливо техногенез (антропогенез) рассматривается как равноправный фактор рельефообразования наряду с эндогенным, экзогенным и космогенными факторами [14; 15]. В пределах классов выделяют отряды и семейства типов рельефа по рельефообразующим агентам и характерным качественным особенностям этих процессов. В качестве такого агента выступает технология проведения горных, строительных и других работ. Подсемейства рельефа определяются направленностью рельефообразования — поднятия или опускания, деструкции (денудации) или аккумуляции. Роды и виды рельефа различаются по деталям геоморфологических процессов с учетом литологических признаков и внешнего облика рельефа. В качестве особого вида может быть назван рекультивационный рельеф, возникающий в результате целенаправленного преобразования созданных ранее техногенных форм, образовавшихся в процессе проведения горных или строительных работ.

Расширение комплекса характерных признаков в современных классификациях рельефа происходит за счет детализации рельефообразующих процессов и направлений изменения рельефа [2; 7; 8; 10; 12; 13]. Классификационным признаком стала установленная связь между техногенным воздействием и видом рельефообразующего процесса, приводящих к возникновению генетической однородности элементов и форм земной поверхности нарушенных земель — парагенетичные карьерно-отвалы и рекультивационные комплексы и т.п. [7; 16]. Очень важным, на наш взгляд, является введение в качестве классификационного признака стадийности развития техногенного рельефа, проходящего в обязательной последовательности эрозионную, эрозионно-аккумулятивную, равновесную стадии и стадию полного развития [1; 7; 16]. Стадийность техногенного рельефа положена в основу методики прогнозирования динамики земель в горнопромышленных районах [4; 5; 6; 9].

Весьма плодотворным в классификации техногенного рельефа стало объединение генетического принципа и принципа ведущего рельефообразующего процесса, стадийности развития с ландшафтной иерархической структурой природных комплексов и представление техногенного рельефа в сукцессионной динамике

ландшафтов. Техногенный рельеф рассматривается как производный от природного, а структура техногенных систем наследует иерархическую структуру природных ландшафтов и развивается под влиянием зональных рельефообразующих факторов, проходя вместе с вмещающими его природными образованиями последовательность качественных стадий. Иерархическая и стадийная структура природных и техногенных форм рельефа строится на предположении о наличии потоков переноса вещества и других видов функционирования между системами, занимающими различные уровни. Поэтому вполне оправдан принцип классифицирования техногенных форм на основе системообразующих потоков рыхлого материала. В соответствии с процессами переноса возникает иерархически возрастающий ряд систем: парагенетическое единство разнородных форм, связанных с начальной миграцией и ближним переносом рыхлого материала, комплекс однотипных систем в пределах ближнего переноса, комплекс разнотипных, но одинаково направленных систем, и объединение разнонаправленных систем, связанных с процессами дальней транспортировки рыхлого материала и других природных веществ.

Особую группу составляют классификации техногенного рельефа, построенные для определенных практических целей — инженерной оценки территории, проектирования рекультивационных и строительных работ. Комплекс классификационных признаков расширяется за счет введения оценочных параметров природных условий, возможных видов использования территории, физико-химических свойств грунтов и особенностей литогенеза. Оценочные параметры широко использовались при разработке первых классификаций нарушенных территорий для целей рекультивации [9], а также при разработке легенд констатационно-оценочных карт техногенного рельефа [11; 12]. С введением оценочных параметров геоморфологические карты, содержащие исчерпывающую информацию о генезисе, возрасте, свойствах и динамике рельефа, становятся применимыми для непосредственного практического использования, при проектировании не только горно-технического этапа рекультивации (перемещение горной массы, разравнивание и планировка поверхности, создание искусственных слоев), но и биологического этапа (мелиорация грунтосмесей, агротехника возделывания культур).

Однако при разработке карт для практического применения нередко ради упрощения легенд пренебрегают (или чрезмерно упрощают) геоморфологическими параметрами, что обедняет содержание карт и, более того, снижает достоверность правильного присвоения оценочных характеристик, выбора вида рекультивации и последующего использования земель. Очень показательна в этом отношении Классификация нарушенных земель по техногенному рельефу для рекультивации, принятая в качес-

тве государственного стандарта [3]. Несомненным достоинством этой классификации является описание горно-геологических условий и техногенных факторов, обуславливающих формирование рельефа нарушенных территорий, а также характеристика его через совокупность элементарных форм (откос, днище, уступ, терраса). Рекомендации по рекультивации даны применительно к отдельным элементам и к выделенному типу нарушенной территории в целом. Правильно определены морфометрические характеристики элементарных форм. К классификации приложены еще два документа — генетические типы и физико-химические свойства горных пород и описания гидрологического режима, возникающего в пределах нарушенной территории.

Однако очевидны и недостатки классификации, ставшей директивной, т.е. обязательной к исполнению в представленном виде. В разработке ее оказалась малой доля геоморфологов. В комплексе классификационных признаков отсутствуют такие важные параметры, как ведущий рельефообразующий процесс, парагенетичность и стадийность техногенных форм. Это во многом лишает классификацию нарушенных земель прогнозной ценности. Приведенную в качестве государственного стандарта классификацию необходимо дополнить с учетом геоморфологических и прогнозно-оценочных параметров. Предложения такого рода сделаны нами совместно с Е. А. Рубиной в виде проекта легенды констатационно-оценочной карты техногенного рельефа нарушенной территории (табл. 1). Такие карты дают точную информацию по следующим позициям: 1) схема организации работ по выравниванию и планировке поверхности нарушенной территории с объемами перемещаемых грунтовых масс, 2) оценка характера и скорости процессов усадки горной массы с точным определением времени проведения окончательной планировки поверхности, 3) оценка агробиологического качества грунтосмеси поверхностного слоя и показ скоплений токсичных и крепких пород, 4) показ участков активизации разрушительных процессов (оползни, эрозия, смыв, термокарст и т. п.), где требуются дополнительные рекультивационные работы, 5) схема нанесения искусственных плодородных слоев и проведения химической мелиорации грунтов, 6) организация водного режима и противоэрозионные мероприятия.

Опыт составления карт техногенного рельефа по указанному в таблице комплексу классификационных признаков пока еще очень мал. Е. А. Рубиной [11; 12] составлены такие карты на территорию Ново-Ильинского карьерно-отвального комплекса в Верхне-Тобольском бокситорудном районе, Коркинского угольного месторождения в Челябинской области, Кимовских участков Кромотовского бурогоугольного месторождения в Подмосковном бассейне (Тульская область).

**Схема легенды карт техногенного рельефа нарушенных горной промышленностью территорий для проектирования рекультивации**

Параметры	Естественный рельеф		Техногенный рельеф	
	Денудационный	Аккумулятивный	Выработивный	Насыпной
1	2		3	
Формы рельефа	Формы и элементы форм экзогенного генезиса  Парагенетические комплексы форм		Формы и элементы форм: по технологическим группам горных, земляных, строительных, горнообогатительных и геологоразведочных работ по процессам современной моделировки рельефа	
Морфометрические показатели	Высотное положение Крутизна склонов Степень расчлененности рельефа (глубина и густота расчленения) Техногенная переработанность рельефа (количество техногенных форм и объемы перемещенной горной массы на единицу площади)			
Литологический состав и физико-химические свойства	Потенциально токсичные и крепкие породы Коренные породы Рыхлые отложения		Токсичные и химически агрессивные грунтысмеси  Смешанный грунт	
Возраст отложений	Геологический возраст		Давность образования грунтысмеси	
Стадии развития рельефа	Современная стадия развития		Эрозионная Эрозионно-аккумулятивная (первичной усадки) Равновесная (окончательной усадки) Полного развития	
Продолжительность стадий				
Восстановленный рельеф			Первично выравненный Окончательно выравненный	
Современный рельефообразующий процесс	Территории проявления современных экзогенных процессов		Территории, подверженные современным экзогенным процессам	

1	2	3
Оценка	Степень техногенной переработки	Условия рекультивации
Хозяйственное использование	Существующее землепользование	Вид рекультивации: под пашню, под лес, водоемы
Границы	С нагрузкой разного содержания, прочие обозначения	
Вспомогательная нагрузка		

Следует отметить, что картографическое отображение стадийности развития новообразованного и восстановленного рельефа особенно важно для проектирования рекультивации. Этой характеристикой до сих пор пренебрегают многие разработчики рекультивационных планов. Одной из самых главных причин неудач рекультивации является спешка при разравнивании, которое проводится нередко до завершения процессов усадки грунтовой массы. В пределах достаточно обширных горнопромышленных районов одновременно существуют нарушенные территории с рельефом самой разной давности образования. Стадийность развития техногенных форм определяет, таким образом, последовательность выполнения рекультивационных работ. Основной объем работ по разравниванию выполняется одновременно со вскрышными работами в общем технологическом цикле горных работ по мере отступления фронта работ и накопления площадей внутренних и внешних отвалов. Но окончательную планировку поверхности перед нанесением почвы нужно проводить только по завершению процессов усадки горной массы и установления гидрологического режима. Геоморфологические карты, на которых отображена стадийность развития рельефа, становятся пригодными для выявления площадей, на которых можно проводить окончательную планировку поверхности и агротехнические работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азбукина Е. Н., Федоров Н. П. О методике картографирования техногенного рельефа // Проблемы геоморфологического картирования. — Л., 1975. — С. 31—35.
2. Воскресенский С. С., Сокольский А. М., Белая Н. И. Антропогенное преобразование долин на Дальнем Востоке СССР // Климат, рельеф и деятельность человека. — М.: Наука, 1981. — С. 98—105.



3. ГОСТ 17.5.1.02—78 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации / Гос. комитет СССР по стандартам. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 31 с.
4. Зайцев Г. А. Рекультивация — фактор техногенного преобразования ландшафтов // Вопросы географии. — 1977. — Вып. 106 — С. 104—111.
5. Зайцев Г. А. Прогнозирование развития техногенных ландшафтов и рекультивация // Географические исследования в Московском университете — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. — С. 185—191.
6. Зайцев Г. А., Моторина Л. В., Данько В. Н. Лесная рекультивация. — М.: Лесная пром-сть, 1978. — С. 181.
7. Мильков Ф. Н. Антропогенная геоморфология // Научные зап. Воронеж. от-ла Географического об-ва СССР. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1974. — С. 7—11.
8. Молодкин П. Ф. Проблемы современного рельефообразования степных равнин (на примере бассейна Нижнего Дона): Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — М., 1976. — 41 с.
9. Моторина Л. В., Овчинников В. А. Промышленность и рекультивация земель. — М.: Мысль, 1975. — 240 с.
10. Панов Д. Г. Общая геоморфология. — М.: Высш. шк., 1966. — 320 с.
11. Рубина Е. А. Формирование техногенного рельефа и развитие экзогенных процессов в районах открытых разработок полезных ископаемых // Климат, рельеф и деятельность человека. — М.: Наука, 1981. — С. 105—112.
12. Рубина Е. А. Геоморфологическое картографирование техногенного рельефа месторождений бокситов. — М., 1983. — С. 137—146.
13. Сокольский А. М. Антропогенная денудация в восточных районах БАМ // Вопросы географии. III — М.: Мысль, 1979. — Вып. III. — С. 100—109.
14. Спиридонов А. И. Опыт генетической систематики рельефа // Землеведение. — М., 1967. — Т. VII. — С. 31—45.
15. Спиридонов А. И. О классификации антропогенного рельефа // Климат, рельеф и деятельность человека. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1978. — Ч. I. — С. 3—11.
16. Федотов В. И. Техногенные ландшафты: Теория, региональные структуры, практика. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1985. — 192 с.

## GEOMORPHOLOGICAL PROBLEMS OF LAND RECLUTIVATION

G. Zaitsev

### Summary

The legends of maps of technogenous reliefs drawn up for recultivation purposes should be based on classifications worked out on the basis of a number of essential characteristics including on the one hand, genetic parameters such as the main relief formation process, the succession of the development of the relief forms, and the paragenetic unity of these forms, and, on the other hand, such estimation parameters as the value of the lands and the labour consumption of their recultivation. The author proposes a legend for a descriptive-estimative map drawn up for the optimisation of the recultivation of an artificial relief based on such a complex classification.

## **НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЛАНДШАФТНОЙ ИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

**В. Н. Калуцков**

Московский государственный университет

### **1. Биоиндикация и ландшафтная индикация**

Сущность индикационного подхода заключается в определении состояния одной системы по состоянию другой более доступной для изучения и измерения. Последняя называется индикатором.

Биоиндикационное направление исследований ориентировано на использование в качестве индикаторов видов животных и растений и их сообществ. Традиционная биоиндикация нацелена на отражение естественных (природных) экологических условий. Изучением антропогенных воздействий на среду, в первую очередь загрязнения, по состоянию живой природы занимается биотестирование. Наиболее яркие результаты получены при использовании в качестве биотестов низшей растительности и особенно эпифитной лишайниковой растительности; для многих промышленных районов, в том числе и в нашей стране, по состоянию лишайников рассчитаны индексы чистоты воздуха (работы Х. Трасса, Ю. Мартина).

Перед биоиндикацией и биотестированием возникает определенный круг проблем, которые не могут быть сняты только при помощи биологических методов исследования. Например, при проведении фитоиндикационных исследований нередко случается, когда в двух разных местообитаниях встречаются одинаковые по составу и структуре растительные сообщества. Как в таких случаях проводить экстраполяцию полученных результатов? Не ясно, какой фитоценоз считать нормальным, а какой аномальным.

Проблемы, возникающие перед биотестированием, носят также пространственный характер. Как достоверно отделить фоновые параметры индикаторов от нефоновых? Что считать фоном

и как учитывать его естественное развитие? В какой степени фоновые параметры индикаторов соответствуют отсутствию антропогенного воздействия, загрязнения?

Основа для решения указанных и многих других задач заложена в их рассмотрении на качественно ином, ландшафтном уровне. Биоиндикаторы испытывают разнообразное влияние со стороны других биологических, биокосных и косных систем. Ландшафтная концепция организует биологические, биокосные и косные системы в более сложные территориальные системы — природные (ПТК) и антропогенные (АТК) территориальные комплексы. В этой связи биологические индикаторы выступают в качестве компонентов и элементов ПТК и АТК. В этом и заключается сущность ландшафтной индикации, рассматривающей индикаторы природных и антропогенных процессов и явлений в качестве подсистем более сложных территориальных систем.

По сравнению с ландшафтной индикацией природных процессов и явлений, ландшафтная индикация антропогенных процессов и явлений, включая ландшафтную индикацию загрязнения природной среды, изучает более сложные, природно-антропогенные системы. В этом случае любой индикатор является составной частью, блоком сразу двух сложных систем: природной (природно-территориального комплекса) и антропогенной (природно-технической системы, природно-рекреационной систе-

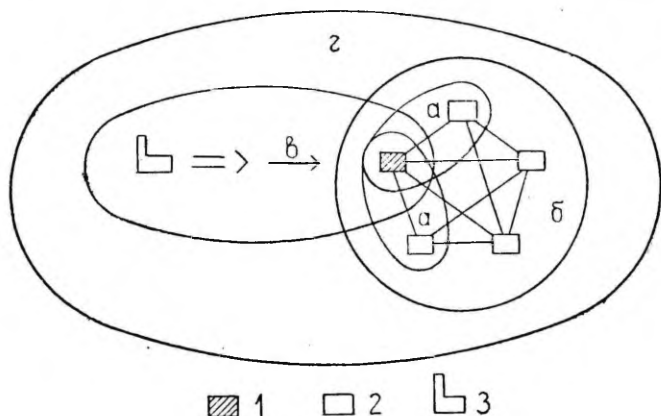


Рис. 1. Природно-антропогенные системы индикации загрязнений. 1 — биотические подсистемы (биоиндикаторы) природного территориального комплекса; 2 — другие подсистемы ПТК; 3 — источник антропогенного воздействия; а — объекты исследования биоиндикации, б — ландшафтной индикации природных процессов и явлений, в — биотестирования, г — ландшафтной индикации загрязнения природной среды.

мы и т.п.; рис. 1). Поэтому один и тот же индикатор, например, древесная растительность, с одной стороны, может характеризовать интенсивность и величину антропогенного воздействия, а с другой — степень изменения, нарушенности ПТК.

Даже в случае сильных антропогенных воздействий нельзя забывать о постоянном влиянии на индикатор природных факторов. Это влияние других ПТК, других компонентов и элементов ПТК можно рассматривать в качестве шума, препятствующего получению информации и о техногенном воздействии, и о степени трансформации ПТК. Любой индикатор испытывает воздействие локальных, региональных и глобальных природных факторов. Например, в пределах ландшафта контрастность распределения индикатора может достигать больших значений и в ряде случаев превышает контрастность, обусловленную техногенным фактором. Только ландшафтный подход позволяет отличить влияние техногенного фактора от влияния совокупности природных факторов. Поэтому ландшафтная карта рассматривается в качестве основы при проведении индикационных исследований. Влияние природных факторов заключается также в том, что все индикаторы подчинены закону географической зональности и для каждой природной зоны характерен свой набор индикаторов.

Рассмотрим методические вопросы использования и оценки природных индикаторов на примере воздействия промышленного производства на лесные ландшафты.

## **2. Индикаторы техногенного воздействия на ПТК**

К индикаторам, носителям информации о техногенном воздействии, относятся преимущественно «представители» косной и биокосной подсистем ландшафта: лед, снег, торф, поверхностные (озерные, лесосливные, дождевые) воды, приземный слой воздуха и т.д. Основное требование, предъявляемое к природным индикаторам воздействия, — способность индикатора отражать (фиксировать) воздействие и сохранять его в «памяти» с минимальной трансформацией до времени опробования.

Оптимальными индикаторами промышленного воздействия на ПТК являются снег и торф.

**Снег** является одним из наиболее информативных и удобных индикаторов техногенного воздействия на ПТК через атмосферу. Несомненное достоинство индикатора — его повсеместное распространение в зимнее время года на территории СССР. Геохимическое опробование вертикальной толщи снега дает представление о составе растворимой и нерастворимой частей атмосферных выпадений за срок от момента установления постоянного снегового покрова до времени его опробования. Опроба снега в конце зимы, в период максимального снегостояния позволя-

ет рассчитать поступление техногенного и природного вещества на единицу площади за единицу времени в течение холодного сезона, а также экстраполировать полученные результаты на весь год. К ландшафтным факторам, снижающим информативность индикатора, относятся метелевый перенос, особенно в лишенных древесной растительности районах, влияние древесной растительности на химизм снега, сублимация снега на склонах южной экспозиции и некоторые другие [11].

**Торф** по сравнению со снегом не только пространственный, но и временной индикатор загрязнения: торфяные болота накапливают информацию о загрязнении природной среды за длительный период. В исследованиях динамики загрязнения предпочтительнее использовать торф верховых болот. Результаты опробования торфа низинных и переходных болот менее достоверны в связи с более высоким геохимическим фоном и более интенсивным биологическим круговоротом. Сфагновые мхи верховых болот в пределах одной природной зоны имеют довольно стабильную скорость прироста, обладают высокой адсорбционной способностью и получают минеральное питание почти исключительно за счет аэрозолей [9]. Олиготрофные болота характеризуются высокой кислотностью геохимической среды, закисная геохимическая обстановка препятствует окислению выпадающей корродирующей (железосодержащей) пыли и к тому же способствует осаждению подвижных форм тяжелых металлов, причем возможность переотложения (перекодирования информации) практически отсутствует [6;13]. Следует отметить, что при изучении динамики загрязнения информативность осушенных болот снижается.

Среди других методов определения уровня техногенного воздействия заслуживает внимания метод **отмывки листьев широколиственных пород деревьев**, который является наиболее информативным при изучении сфер воздействия промышленных объектов в Приморье [2]. По дальности проявления воздействия и по спектру определяемых элементов этот метод для условий Приморья превосходит метод гидрохимического опробывания снега и дождевых вод. К недостаткам метода относится его региональность, а также трудности в определении уровней техногенного давления.

### **3. Индикаторы ответной реакции ПТК на техногенное воздействие (индикаторы нарушения ПТК)**

Изменение морфологической или вертикальной структуры хорошо индицирует степень нарушенности ПТК. В лесной зоне вследствие относительной устойчивости лесных ландшафтов техногенные воздействия значительно чаще приводят к нарушению отдельных компонентов и элементов ПТК.

К природным индикаторам нарушения ПТК, характеризующим их ответную реакцию на техногенные воздействия, относятся почва, торф, почвенные и грунтовые воды, биота ПТК (растительный и животный мир). Для индикаторов — суть биосферной и биотической подсистем, — как и для всего природного комплекса, характерно наличие «механизма» саморегуляции: чтобы воздействие запечатлелось в их «памяти», оно должно превысить некий пороговый уровень, различный как для каждого природного комплекса, так и для каждого индикатора.

Индикаторы нарушения, обладающие низким пороговым уровнем устойчивости, являются индикаторами ранних стадий нарушения ПТК. Наряду с высокой чувствительностью они должны обладать относительно малой скоростью восстановления (регенерации).

Оптимальным индикатором ранних стадий нарушения ПТК лесной зоны при техногенном воздействии через атмосферу является **эпифитная лишайниковая и моховая растительность**. Площадь проективного покрытия и видовое разнообразие эпифитных лишайников — чуткий показатель общей загрязненности атмосферного воздуха. Эпифитные мхи используются также при изучении осадения из атмосферы даже небольших количеств тяжелых металлов. Кроме того, для этих целей изучается также химический состав надпочвенных зеленых и сфагновых мхов. Индикационные свойства даже таких чутких индикаторов, как эпифитная растительность сильно варьируют в разных ПТК, например, в болотах индикационные свойства эпифитов резко ухудшаются [3].

К перспективным, а главное, широко распространенным индикаторам ранних стадий нарушения ПТК относятся надпочвенная и почвенная мезо- и микрофауна. Опыт ее изучения на ландшафтной основе в сфере воздействия комбината черной и цветной металлургии дал контрастные результаты [7; 14].

К обязательным индикаторам при изучении ответной реакции ПТК на техногенное воздействие, вследствие ее повсеместного распространения, можно отнести **почву**. М. А. Глазовская относит почву к таким блокам ландшафтно-геохимических систем, в которых накапливается наибольшая информация о техногенных аномалиях [6]. Особый интерес для ландшафтоведа представляет изучение изменений под воздействием техногенного фактора физических, физико-химических и химических свойств верхнего горизонта («пленки») почвы. В физическом смысле — это поверхность земли, фокус взаимодействия внутренних и внешних для данного ПТК процессов.

Судить о способности почв разных ПТК к самоочищению от продуктов техногенеза позволяет анализ химического состава **лизиметрических вод**. Известно, что гумусовый горизонт аккумулирует атмосферные выпадения, поэтому лизиметрические воды

содержат ту часть загрязнений, которая в рамках биологического круговорота поступает в нижние горизонты почвы и далее в грунтовые воды. Этот показатель хорошо отражает фациальные и урочищные различия в устойчивости почв к загрязнению. Для индикации загрязнения ПТК воздушными выбросами почвенные воды (лизиметрические) используются довольно редко [1; 10]. Основным недостатком индикатора считается относительная трудоемкость таких исследований.

Одно из перспективных направлений биоиндикации состояний лесных ПТК — **дендроиндикация**. Как направление научных исследований дендроиндикация сложилась сравнительно недавно [2]. Интересные результаты получены при индикации других антропогенных воздействий, в частности при индикации подтопления в результате создания водохранилищ [4]. Учитывая ведущую роль древесного яруса в формировании фитомассы, изменение радиального прироста древостоев может служить одним из суммарных показателей техногенного воздействия на лесные ПТК.

Итак, индикаторы воздействия и индикаторы нарушения, будучи подсистемами ПТК, в разной степени испытывают влияние самих природных комплексов: они либо приурочены к определенным ПТК, как например, торф верховых болот, либо изменяются количественно в разных ПТК. Поэтому при оценке информативности индикатора следует оценивать его изменения под влиянием техногенного и природного факторов.

#### 4. Оценка индикаторов

Для оценки индикаторов используются такие показатели, как частота их встречаемости в ландшафте; контрастность распределения индикатора в пределах ландшафта, обусловленная естественными факторами; контрастность распределения, обусловленная техногенным фактором; градиент воздействия или градиент нарушения; естественная и «техногенная» вариабельность свойств индикаторов.

Частота встречаемости в ландшафте — важный показатель значимости природного индикатора. Очевидно, что природные индикаторы, занимающие значительные площади, широко распространенные в ландшафте, более удобны для изучения. Однако большое значение имеет и приуроченность индикатора к определенному типу ПТК, даже при относительно малой площади распределения в ландшафте. Например, в моренных ландшафтах лесной зоны Русской равнины торфяные почвы урочищ межхолмовых понижений, занимая небольшие площади, тем не менее являются важным объектом для изучения динамики загрязнения.

Контрастность распределения индикатора, изменение его состояния, химизма и других свойств во многом зависит от степени совместимости природных и техногенных потоков вещества. Например, А. В. Дончевой при изучении взаимодействия медно-никелевого производства на северо-таежные ландшафты максимальная контрастность распределения никеля отмечалась в снеге и достигала четырех порядков; для почв и биотических компонентов этот показатель был ниже на 1—2 порядка [8; 11]

Контрастность распределения индикатора в пределах ландшафта, обусловленная естественными факторами, рассчитывается как отношение величин в контрастных (доминантных и субдоминантных) урочищах на фоновых участках. Примером может служить отношение радиального прироста древесины на вершинах холмов и в межхолмовых понижениях.

Вариабельность свойств индикатора в пределах рассматриваемого типа ПТК оказывает влияние на достоверность результатов исследований. При высоком значении коэффициента вариабельности, например, более 150% и невысокой контрастности свойств индикатора в сфере воздействия достоверность полученных результатов невысока. В этом случае для повышения достоверности результатов исследования необходимо увеличить массовость отбора проб. Зависимость количества почвенных проб от коэффициента вариации их свойств установлена И. Г. Важениным при почвенно-геохимических исследованиях:

$$h = \frac{t^2 V^2}{p^2}, \text{ где}$$

- h — количество проб,
- t — целое число, соответствующее значениям вероятности,
- V — коэффициент вариации,
- P — относительная точность среднего.

При вероятности 90%, относительной точности (P) среднего 10, коэффициенте вариации 50% количество проб должно быть равным 70, а при P=20 оно снижается до 20 проб.

Эта зависимость может быть распространена и на другие компоненты и элементы ландшафта.

Следует отметить, что изменение коэффициента вариации индикаторов нарушения ПТК в сфере воздействия может служить показателем нарушенности ПТК в целом. Ряд исследователей отмечает увеличение вариабельности свойств индикаторов в сферах техногенного воздействия по мере приближения к источнику выбросов [10; 11]

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аржанова В. С. Миграция микроэлементов в почвах (по данным лизиметрических исследований) // Почвоведение. — 1977. — №7. — С. 71—77.
2. Аржанова В. С., Елпатьевский П. В. Сравнение некоторых способов оценки влияния техногенеза на окружающую среду // Процессы миграции



- вещества в береговой зоне. — Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР 1978. — С. 74—84.
3. Белкина О. А., Калуцков В. Н. Ландшафтные аспекты лишеноиндикации загрязнения природной среды // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. — 1982. — №3. — С. 78—81.
  4. Вендров С. Л., Дзяконов К. Н. Водохранилища и окружающая природная среда. — М.: Наука, 1976. — 136 с.
  5. Глазовская М. А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогнозирования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. — 1968. — №1. — С. 30—36.
  6. Глазовская М. А. О классификации почв по их устойчивости к химическому загрязнению // Методы и проблемы экотоксического моделирования и прогнозирования. — Пушкино, 1972. — С. 189—192.
  7. Дончева А. В. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 96 с.
  8. Дончева А. В., Калуцков В. Н. Прогнозирование изменения природы горно-металлургическим производством в зоне тайги (на примере медно-никелевых комплексов в Мончегорске и Садбери) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. — 1976. — №5. — С. 65—73.
  9. Илометс М. А. Прирост и продуктивность сфагнового покрова в юго-западной Эстонии // Ботанический ж. — 1980. — Т. 66, №2. — С. 279—290.
  10. Казаков Л. К. Реакция природных комплексов лесной зоны Русской равнины на воздействие тепловых электростанций: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 1979. — 23 с.
  11. Калуцков В. Н. Снежный покров — динамичный индикатор загрязнения природы (на примере металлургического производства) // География и практика народного хозяйства. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — С. 20—23.
  12. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев: Дендрондикация природных процессов и антропогенных воздействий. — Л.: Наука, 1979. — 232 с.
  13. Львов Ю. А. Методика отбора и обработки торфа для выделения мелко-дисперсной минеральной фракции // Вопр. метеоритики — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1976. — С. 190—193.
  14. Оливерисува Л. Биологическая индикация состояния природных комплексов лесной зоны в сфере воздействия металлургического завода: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 1983. — 24 с.
  15. Трасс Х. Х. Анализ лишенофлоры Эстонии: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Тарту, 1968. — 80 с.
  16. Трасс Х. Х. Политолерантность лишайников // Материалы VI симпозиума микологов и лишенологов Прибалтийских республик. — Рига, 1971. — С. 66—70.

## SOME METHODOICAL ASPECTS OF USING LANDSCAPES AS INDICATORS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

V. Kalutskov

### Summary

The paper points out that in answer to the current needs there has appeared a new trend in indicator research — that of studying landscapes as indicators of the degree of environ-

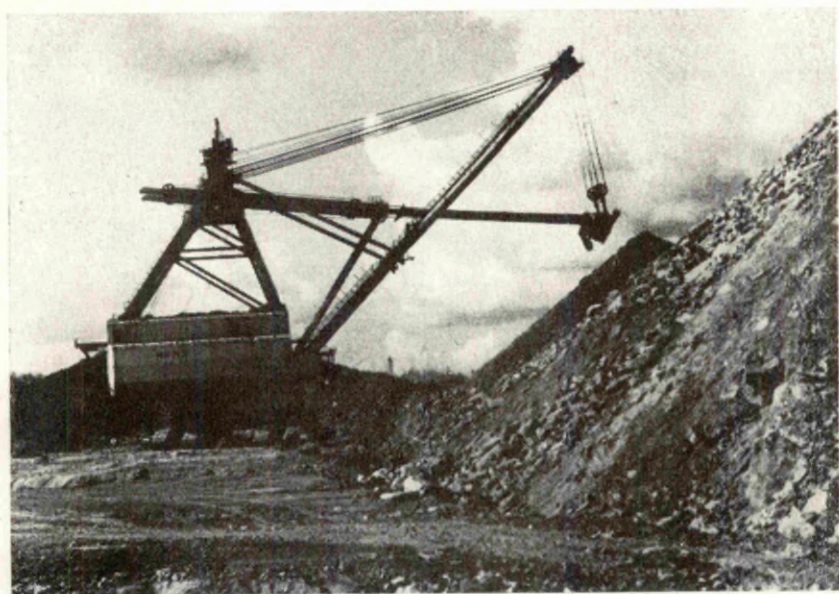


Фото 1. Вскрышные работы в Октябрьском сланцевом карьере. Фото С. В. Бунина.



Фото 2. Отвалы вскрышных работ в Сиргаласком карьере. Высота отвалов — 20—30 м. Фото И. П. Пере.

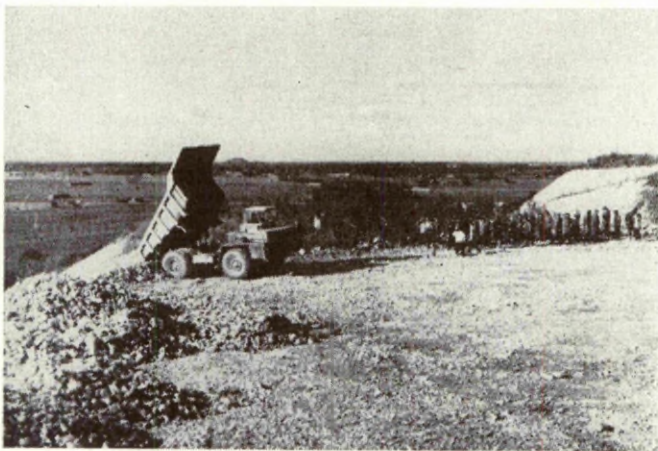


Фото 3. Отвал пустой породы с обога-  
гательной фабрики в Таммику. Фото  
С. В. Бунина.



Фото 4. Просадка над шахтой (муть-  
да). Фото С. В. Бунина.





Фото 5. Добыча песка гидротехни-  
ческим способом в карьере Паньярве.  
Фото С. В. Бунина.



Фото 6. Золослив Прибалтийской ГРЭС. Фото  
Э. В. Каара.

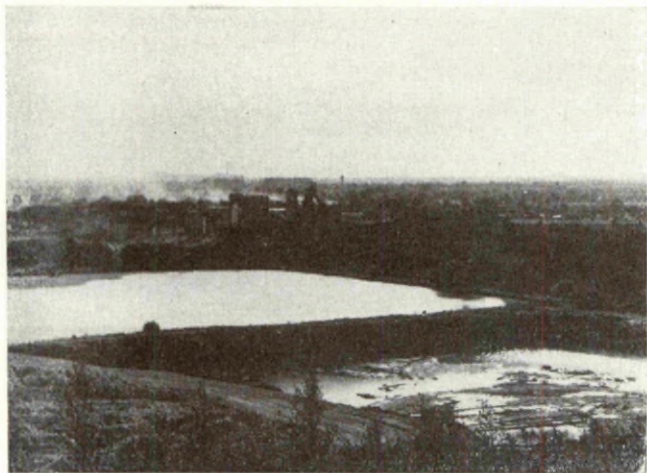


Фото 7. Золошламонакопитель Ахтмеской ТЭЦ. Фото С. В. Бунина.

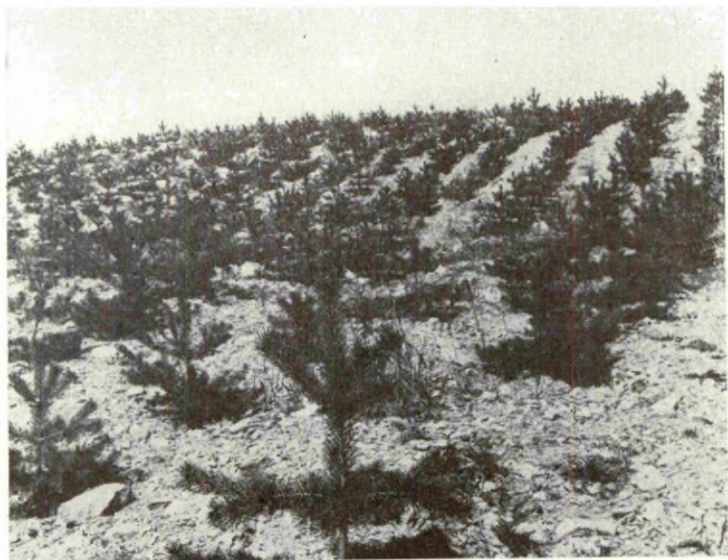


Фото 8. 4-летняя сосновая культура в Вийвикон-наском карьере. Фото И. П. Пере.





Фото 9. 9-летняя сосновая культура, посаженная 2-летними сеянцами. Густота 1+1,5 м.



Фото 10. 9-летняя березовая и еловая смешанная культура на отвале Коктлаского карьера. Фото Э. В. Каара.



Фото 11. Озеленение золоотвала Кохтла-Ярвского сланцехимического объединения. Фото Э. В. Каара.

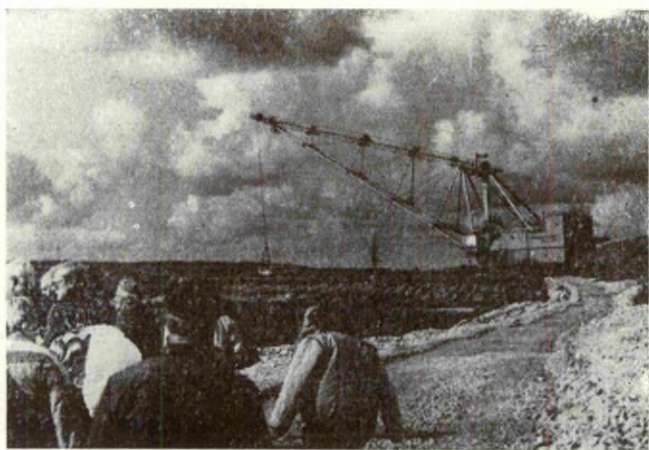


Фото 12. Опытный участок сельскохозяйственной рекультивации в Октябрьском карьере. Фото С. В. Бунина.





Фото 13. Снятие плодородного слоя перед выполнением горных разработок. Фото Э. Э. Лезду.



Фото 14. Пестрота нанесенного почвенного покрова при технической рекультивации. Фото Э. Э. Лезду.



mental pollution. The new approach consistutes a synthesis of the directions followed in assessing the extent of environmental pollution by means of landscape indicators in geography and by bioindication in ecology. The author proposes a number of criteria for the estimation of the amount of the information yielded by the pollution indicators, such as their frequency of occurrence in landscapes as well as the contrast and the variability in the distribution of the different indicators in various natural and anthropogenous conditions.

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ К ВЫБРОСАМ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Л. К. Казаков**

Московский государственный университет

Разработка территориально-отраслевых программ и схем развития производства, учитывающих достижения научно-технического прогресса и возможности природной среды, — важное направление интенсификации экономического развития страны. Опыт изучения и прогнозирования взаимодействия различных электростанций с природной средой позволяет наметить пути эколого-географической оптимизации развития электроэнергетики в СССР.

Размеры территории, разнообразие природных условий, топлива и хозяйственного освоения различных районов, разнообразие типов и мощностей базовых электростанций определяют экологически значимые различия в электроэнергетике Европейской и Азиатской частей СССР. Для Европейской части характерны: разнообразие типов электростанций, их нежесткая привязка к месторождениям топлива, варьирование различными видами топлива на существующей сети тепловых электростанций. Для Азиатской части СССР характерна жесткая привязка электростанций к источникам энергетического топлива и узкая специализация по используемому топливу.

Анализ эколого-географических предпосылок размещения различных электростанций на ЕТС базировался на результатах исследований, проведенных в сферах влияния разнотипных электростанций, расположенных в разных ландшафтах лесной, лесостепной и степной зон. Полученные результаты позволили провести физико-географическое районирование Европейской территории СССР по эколого-географической предпочтительности размещения здесь различных электростанций [4]. Одним из важных разделов выполненной работы было районирование этой территории по устойчивости ландшафтов к дымовым выбросам тепловых электростанций, работающих на угле и мазуте. Это на-

иболее распространенные и геохимически противоположные по характеру дымовых выбросов виды топлива, используемого на тепловых электростанциях.

При анализе природных предпосылок рассеивания загрязнителей дымовых выбросов в атмосфере мы опирались на работы [1 и 2], которые при необходимости уточнялись и дополнялись данными климатических, аэрологических и других справочников. Согласно установленным районным коэффициентам рассеивания дымовых выбросов в атмосфере, используемых в программе УПРЗа ГГО, а также составленной Э. Ю. Безуглой карты районирования территории СССР по потенциалу загрязнения атмосферы (ПЗА) вся территория СССР может быть разделена на ряд крупных регионов. Значения ПЗА и коэффициенты рассеивания учитывались в виде районных коэффициентов, влияющих на оценку самоочищения и устойчивости ландшафтов.

Оценка устойчивости почв к поступлению характерных выбросов различных электростанций базировалась на результатах конкретных исследований, а методологическим основанием для обобщения служили теоретические разработки М. А. Глазовской.

Устойчивость доминантных видов растений, формирующих наиболее типичные зональные растительные сообщества, оценивались в соответствии с существующими шкалами их газоустойчивости. Исследования в лесостепной и степной зонах показали относительно высокую степень устойчивости травяных сообществ к дымовым выбросам ТЭС. Нормирование отдельных видов древесных растений относительно наиболее устойчивых из них (осина дрожащая, клен остролистный и др.) позволило составить шкалу их относительной устойчивости к дымовым выбросам ТЭС.

Исследования сфер влияния тепловых электростанций показали, что в зависимости от того, в какой ландшафт поступают те или иные выбросы разнотипных ТЭС, можно получать как положительный, так и отрицательный эффект изменения природных комплексов. В то же время одни природные комплексы легче изменяют свои свойства под влиянием поступающих в них загрязнителей, другие труднее. В этом плане мы и говорим об их большей или меньшей устойчивости к загрязнению.

Основными вредными компонентами дымовых выбросов ТЭС, работающих на мазуте, являются окислы серы и азота, в меньшей степени — ванадий и углеводороды. Это типично кислый выброс.

Кислые газы мазутных ТЭС, поступая в бедные кислые ландшафты, во-первых, активно воздействуют на зеленые части растений, нарушая фотосинтез; во-вторых, подкисляя атмосферные осадки, а затем и почву, усиливают вынос оснований и других катионогенных элементов, необходимых растениям, повышается содержание в почвенных растворах подвижного алюминия, кото-

рый выщелачивается из почвообразующих пород и угнетающе действует на корни растений. При этом алюминий увеличивает свою токсичность при недостатке кальция и магния.

Ухудшение корневого питания еще больше уменьшает устойчивость растений к кислотным выбросам ТЭС и ведет к усиленному их отмиранию. Поэтому лесные ландшафты с подзолистыми и плохо развитыми дерново-подзолистыми почвами, формирующиеся на песках зандровых и аллювиально-зандровых равнин под сосняками бруснично-зеленомошными, мертвопокровными и злаково-беломошными, оказались малоустойчивыми к выбросам мазутных ТЭС. В то же время ландшафты хвойно-широколиственных лесов, формирующиеся на карбонатной морене, местами перекрытой тонким слоем флювиогляциальных супесей и песков, сравнительно устойчивы к аналогичным кислотным выбросам мазутной тепловой электростанции.

Очень неустойчивы к кислотным поступлениям от ТЭС ненасыщенные основаниями иллювиально-железистые кислые подзолистые почвы грубого механического состава, развитые на кислых породах под разреженными северо-таежными сосновыми лесами, а также среднетаежные ландшафты с подзолистыми почвами легкого мехсостава, формирующимися под сосняками. Малоустойчивы к осадкам с повышенной кислотностью глеевые и болотные почвы на кислых породах и хорошо промытых песках. Под влиянием кислотных выбросов ТЭС заметные изменения отмечаются в супесчаных почвах под ельниками зеленомошно-мертвопокровными. Однако в этих природных комплексах повреждения доминантных растений выражены слабее. Коэффициент относительной устойчивости этих ландшафтов ( $K_y$ ), рассчитанный как произведение нормированных по почвам и растительности лесостепных и типично степных ПК коэффициентов степени насыщенности поглощающего комплекса почв основаниями, его емкости, реакции pH и устойчивости доминантной растительности к данному виду загрязнителя, составляет 0,05—0,2.

Для ландшафтов, формирующихся на карбонатной морене, коэффициент  $K_y$  соответственно равен 0,25—0,45. Еще большей буферностью к кислотным поступлениям обладают ландшафты с дерново-карбонатными, дерново-глеевыми, серыми лесными супесчано-суглинистыми почвами. Их коэффициент устойчивости  $K_y$  колеблется от 0,5 до 0,8. К этой же категории устойчивости относятся ландшафты низинных болот с торфяно-перегнойными почвами.

Максимальной устойчивостью к кислым выбросам ТЭС среди лесных ландшафтов обладают природные комплексы с темно-серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами, формирующимися на лёссовидных суглинках под широколиственными лесами.  $K_y$  для этих почв составляет 0,8—0,92.

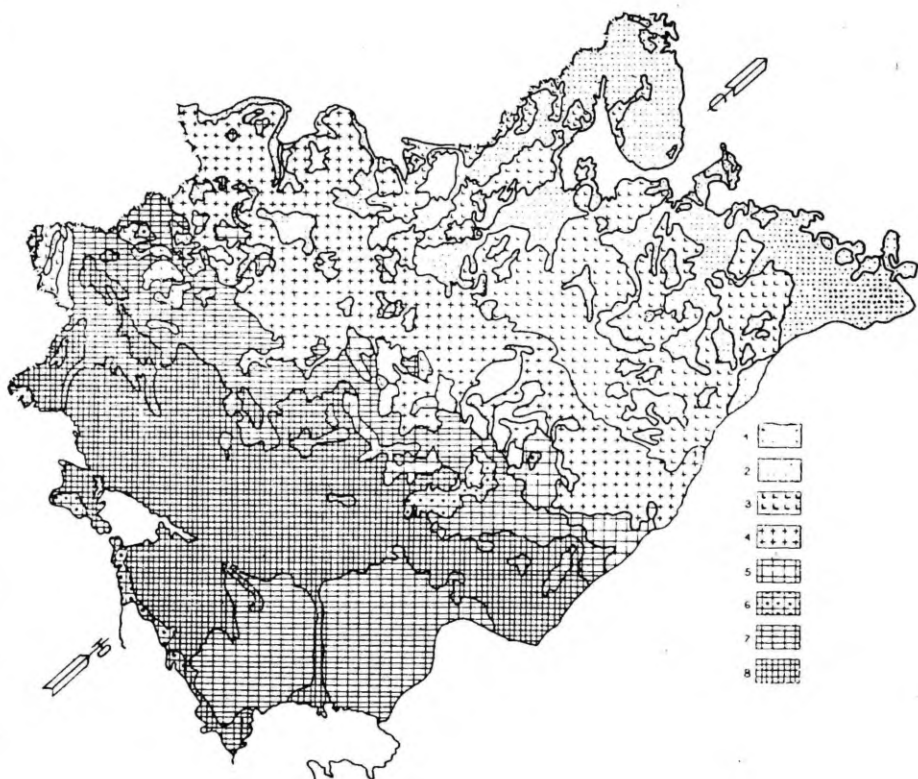


Рис. 1. Устойчивость ландшафтов к кислым выбросам ТЭС. Категории относительной устойчивости: 1 — ( $<0,01$ ); 2 — ( $0,01-0,019$ ); 3 — ( $0,02-0,04$ ); 4 — ( $0,05-0,15$ ); 5 — ( $0,2-0,3$ ); 5 — ( $0,4-0,5$ ); 7 — ( $0,6-0,8$ ); 8 — ( $0,9-1,0$ ).

У ландшафтов степной зоны наименьшие значения коэффициента устойчивости к кислотным поступлениям будут у природных комплексов с каштановыми почвами. Их  $K_y$  по отношению к черноземам колеблется от 0,4 до 0,8, а у солонцов — от 0,45 до 1,1. Однако подкисление этих почв улучшает их агрохимические свойства.

На представленной на рисунке 1 карте показана относительная устойчивость ландшафтов ЕТС к кислотным выбросам тепловых электростанций. Из легенды к этой карте видно, что, например, в пределах лесной зоны по устойчивости к кислотным поступлениям ландшафты различаются между собой примерно в 200 раз, а в пределах подзон, соответственно, в 50 раз.

Аналогичным образом на ландшафтной основе, но с использованием других аналитических характеристик природных ком-

плексов были составлены карты, количественно характеризующие буферность ландшафтов к поступлению углеводов и ванадия, а также устойчивость к поступлению легкорастворимых веществ зольной фракции дымовых выбросов угольных ТЭС. По другому принципу была составлена карта самоочищения ландшафтов от поступления твердых частичек золы.

Объемы и химический состав дымовых выбросов угольных ТЭС сильно зависят от особенностей топлива, КПД золоулавливающих устройств их типов и режимов работы. Только в случаях с очень высоким КПД золоулавливания их выброс бывает слабо кислым по отношению к естественной реакции атмосферных осадков (рН 5,5—5,8). В большинстве случаев летучая зола угольных ТЭС подщелачивает атмосферные осадки, поступающие на прилегающие к ним территории и нейтрализует действие на ландшафт кислых газов, выбрасываемых с золой. Поэтому в сферах влияния исследованных ТЭС выпадающие на земную поверхность атмосферные осадки имели рН от 6 до 9. Подщелачивающий эффект золы определяется наличием в ней Са, Mg, Na и других щелочных и щелочноземельных металлов. Кроме того, она может содержать повышенные концентрации других элементов, в том числе тяжелых металлов. Влияние зольных выбросов на прилегающие территории очень неоднозначно и зависит как от состава золы, так и характера прилегающих ландшафтов [3].

Для некоторых ландшафтов зола, поступающая в умеренных дозах, является удобрением или мелиорантом. В других ландшафтах повышенное ее поступление ведет к загрязнению — концентрации вредных элементов в отдельных составляющих окружающей среды — и может отрицательно сказаться на экологической обстановке прилегающих к ТЭС территорий. В сельских зонах зольные выбросы угольных ТЭС, сильно запыляя атмосферу, создают неблагоприятные санитарно-гигиенические условия для людей и животных.

Исследования в различных ландшафтах, прилегающих к угольным ТЭС, показали, что наименее устойчивыми к зольным поступлениям являются, также как и к кислым выбросам ТЭС, лесные бедные ландшафты полесского типа, формирующиеся на песках; а наиболее устойчивыми — ландшафты лесостепной и степной зон. Однако изменения, которые происходят в бедных северных кислых ландшафтах, формирующихся на песках, под влиянием поступления в них золы от угольных ТЭС, как правило, носят положительно направленный сдвиг. Поступление в эти ландшафты умеренного количества биологически малотоксичной золы, имеющей слабощелочную реакцию рН, улучшает агрофизические свойства почв, обогащает их минеральными веществами, необходимыми для питания растений и животных.

Поэтому при изучении влияния угольных ТЭС на прилега-

ющие территории анализировались ландшафтные особенности перераспределения загрязнителей вокруг ТЭС, способность природных комплексов к самоочищению, устойчивость природных комплексов и их отдельных компонентов. При этом учитывались: рельеф, состав слагающих пород, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, наличие геохимических барьеров, растворенная органика в поверхностных и грунтовых водах, усиливающая миграцию некоторых загрязнителей в составе органо-минеральных соединений. Важным фоновым фактором, влияющим на самоочищение ландшафтов от поступающих в них выбросов ТЭС, является интенсивность рассеивания загрязнителей в атмосфере, которая учитывалась в расчетах в виде районных коэффициентов (ПЗА). На этом крупно-региональном фоне, дифференцированном по самоочищению атмосферы, анализировалась потенциальная способность к самоочищению ландшафтов от зольных загрязнителей, поступивших на земную поверхность.

Потенциальная активность механической формы миграции выпавших на земную поверхность зольных частиц в различных ландшафтах рассчитывалась с учетом количества поступающих в них жидких атмосферных осадков ( $Q$ ), относительных превышений ( $\Delta H$ ) и уклонов местности ( $\alpha$ ), по формуле  $K_{\text{мех}} = F(Q; \Delta H, \alpha)$ , т.е. при расчете показателя потенциальных возможностей ландшафта освободиться от поступивших в него зольных частиц рассматривалась энергия поверхностных водотоков, перемещающих частицы золы непосредственно после выпадения атмосферных осадков. Эти водотоки охватывают всю поверхность данного ландшафта в виде плоскостного, микро- и макрсручейкового стока. Их характерное время непосредственно связано с рельефом территории и близко к естественному режиму выпадения атмосферных осадков.

В связи с тем, что существующие мелкомасштабные ландшафтные карты не несут в себе необходимой для расчетов информации, в качестве основной рабочей единицы районирования были приняты физико-географические провинции (относительно однородные по рельефу, поверхностным отложениям и атмосферным осадкам территории). Оказалось, что наибольшей самоочищающей способностью по отношению к выпавшим на земную поверхность частицам зольной фракции дымовых выбросов ТЭС обладают ландшафты возвышенных расчлененных равнин Донецкой и западной части Молдавско—Южно—Украинской физико-географических провинций (рис. 2). Среди ландшафтов лесной зоны наибольшей самоочищающей способностью по отношению к зольным частицам выделяются Западно—Кольская, Уфимско—Силвинская, Северо—Приволжская провинции. То есть лучшие условия для механической миграции мелкодисперсных зольных частиц складываются в ландшафтах, сформиро-

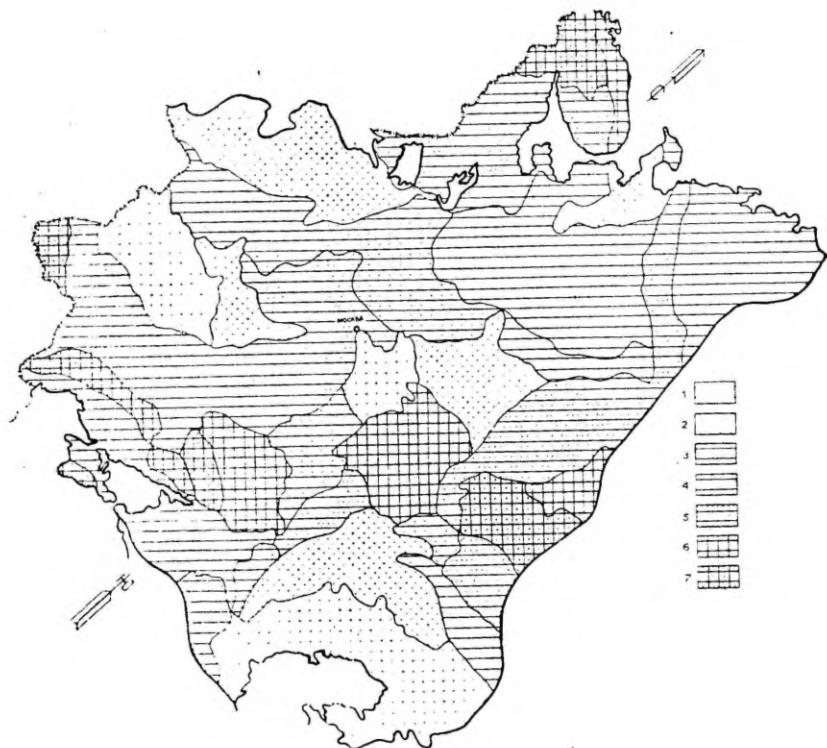


Рис. 2. Физико-географическое районирование ЕТС по самоочищению ландшафтов от зольной фракции дымовых выбросов ТЭС. Категории относительной интенсивности самоочищения: 1 — ( $<0,01$ ); 2 — ( $0,02-0,04$ ); 3 — ( $0,05-0,1$ ); 4 — ( $0,11-0,2$ ); 5 — ( $0,21-0,4$ ); 6 — ( $0,31-0,6$ ); 7 — ( $<0,7$ ).

вавшихся на возвышенностях, расчлененных эрозионными процессами (Донецкий кряж, Хибин, Приволжская возвышенность). Наименьшая способность к самоочищению в лесной зоне у ландшафтов полесского типа, а абсолютный минимум активности механической миграции зольных частиц в водотоках принадлежит полупустынным и пустынным ландшафтам Предуральской, Черноземельской и Прикаспийской физико-географических провинций (рис. 2). Однако в последних трех ландшафтах усиливается золовая форма механической миграции зольных частиц, которая ведет не столько к самоочищению ландшафтов от выгавшей на земную поверхность золы, сколько к ее негативной биологической и корродирующей активизации.

В целом проведенные исследования показали, что наименее устойчивыми к воздействию дымовых выбросов разнотипных



тепловых электростанций являются природные комплексы тундровой и лесной зон, формирующиеся на легких по механическому составу породах. В лесной зоне, например, выделяются ландшафты, сформировавшиеся на песках задровых равнин, а среди них — элювиальные ландшафты, например, сухих и свежих сосновых боров. Именно в них наблюдаются максимальные нарушения геохимических характеристик почв и доминантной растительности. Утяжеление механического состава, увеличение содержания гумуса, натечного и грунтового увлажнения, емкости, насыщенности основаниями и интенсивности БИКа в одинаковых зональных условиях повышает устойчивость природных комплексов к поступлению характерных загрязнителей от ТЭС.

Представленные на рисунках карты являются дополнительными к выполненному районированию ЕТС по предпочтительности размещения сочетаний различных электростанций. Карты, составленные на ландшафтной основе, позволяют, если нужно, даже в неблагоприятных районах найти ландшафты, наиболее пригодные для размещения тех или иных электростанций, и количественно охарактеризовать степень экологической благоприятности использования на них того или иного топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. — Л., 1980 — 184 с.
2. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. — Л.: Гидрометеиздат, 1975. — 445 с.
3. Казаков Л. К. Устойчивость природных комплексов лесной и лесостепной зон к техногенным воздействиям // Учен. зап. Тарт. ун-та. — Тарту, 1983. — Вып. 647. — С. 39—44.
4. Казаков Л. К. Эколого-географические предпосылки размещения электроэнергетики на территории СССР // Географическое обоснование экологических экспертиз. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — С. 124—146.

### LANDSCAPE RESISTANCE TO THE POLLUTANTS DISCHARGED BY ELECTRIC POWER STATIONS

L. Kazakov

#### Summary

One of the tasks involved by the intensification of economic development is that of working out ecologically and geographically justified territorial programmes for increasing the productivity of all branches of the national industry. An important ecologico-geographical aspect to be taken into account in building up the power industry is the regionalisation of the country according to the resistance of landscapes to the smoke discharged by the thermal power stations. The author discusses the methods,

analyses a number of pertinent examples, and presents maps showing the quantitative characteristics of the resistance of landscapes in the vicinity of electric power stations to the acidic pollutants discharged by the latter and the potential of the former for self purification of the alkaline fraction contained in the funnels. Investigation has proved that the most resistant to acidic pollution are steppe and certain partially wooded landscapes.

## РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ЦИКЛИЧЕСКАЯ СМЕНА ТИПОВ ЗЕМЕЛЬ В КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ

Б. Б. Родоман

Всесоюзная лаборатория туризма и экскурсий

Рекультивация земель после горных разработок — это лишь один из многих видов трансформации земель в антропогенном ландшафте. Системный подход к экологическим проблемам обязывает нас изучать всю совокупность возможных и наблюдаемых преобразований земель как особую сторону хозяйственной деятельности.

**1. Экологическая необходимость циклического землепользования.** Переход народного хозяйства на рельсы интенсивного развития, вызванный ограниченностью ресурсов и необходимостью сохранить биосферу, предполагает всемерную экономию и малоотходное использование сырья. К числу ресурсов, подлежащих экономии, принадлежит и территория — и как поверхность суши вообще, и как набор земель различного назначения и качества. С вышеуказанной точки зрения первичным сырьем следует считать типы ландшафта, участки, по своим качествам близкие к чисто природным, коренным, девственным, а вторичным «сырьем» — высоко антропогенные. При более строгом подходе к их различению оказывается, что речь идет об отношении, в которое вовлечены минимум три элемента — один класс земель и две отрасли хозяйства, и кроме того, один отрезок времени. Для отрасли А, нуждающейся в земле, некоторый участок будет первичным «сырьем», если он не использовался отраслью Б, и вторичным, если он ею использовался за какой-то определенный период.

По отношению к уровню природно-ресурсного потенциала ландшафта различаются противоположные виды трансформации земель — *освоительные* и *восстановительные*. К последним относятся и рекультивации. Настало время рассматривать эти и прочие превращения в сфере землепользования как элементы одной системы, фазы одного процесса, пусть даже разветвленного и многократно зацикленного.

На протяжении жизни нашего поколения концепция безграничного количественного роста и пространственной экспансии цивилизации быстро сменяется концепцией интенсивного качественного развития в рамках ограничений, поставленных природой. Все чаще считается допустимым в качестве главной цели общественного производства удовлетворение не всяких, а только разумных, экологически и морально оправданных человеческих потребностей при условии поддержания некоторой гармонии природы и общества, иными словами, гомеостаза в биосфере. Для этого необходим циклический ресурсооборот, подобный обмену и круговороту веществ, присущему живой природе, не нарушенной людьми.

*Землеоборот*, вызванный небезграничностью доступных производителю природных ресурсов, сначала стал применяться в сельском хозяйстве в виде севооборотов, а потом и в лесном хозяйстве. Настало время включить в регулируемый оборот и остальные виды землепользования, в том числе отвод земель под всякое строительство. Различные землеобороты — сельскохозяйственные, лесохозяйственные, рекреационные, градостроительные должны быть между собой согласованы, а может быть и слиты в один цикл. Подобно тому как в сельскохозяйственный севооборот была включена пастба скота, так и в сельскохозяйственный землеоборот можно вставить, например, рекреацию, выращивание лесов и т.п. Становится возможным, что не только города могут приходить на смену лесам и пашне, но и леса могут вырастать на месте городов.

Трансформацию земель можно рассматривать в двух аспектах — *классификационном* и *территориальном*. В первом случае фактические и возможные превращения земель изучаются безотносительно к их расположению на местности, а во втором — как изменение территориальной структуры региона, т.е. как его *территориальное развитие*.

**2. Классификационный аспект трансформации земель.** Для изучения превращений земельных участков безотносительно к территории взято 10 видов земель: 1) лес, болото; 2) луг, сенокос, пастбище; 3) пашня, многолетние насаждения; 4) постоянная селитьба; 5) рекреационная селитьба; 6) природный парк; 7) промышленная площадка; 8) карьер, отвал; 9) пустырь, бедленд, 10) свалка. Построена квадратная матрица  $10 \times 10$ , способная показать 90 превращений. Из них отобраны трансформации, которые наблюдаются или кажутся возможными в высоко- и среднеурбанизированных районах Нечерноземной зоны СССР, и оценены как частые или редкие, желательные или нежелательные в настоящее время с природоохранной точки зрения. Начерчена схема, включающая упомянутые 10 видов угодий и отобранные 33 вида их преобразований, в форме неплоского ориентировочного графа (рис. 1). Этой схемой, между прочим, иллюстрируются

некоторые нетривиальные или необщепризнанные положения, в которых отражены фактические особенности нашего землепользования или его желательные изменения.

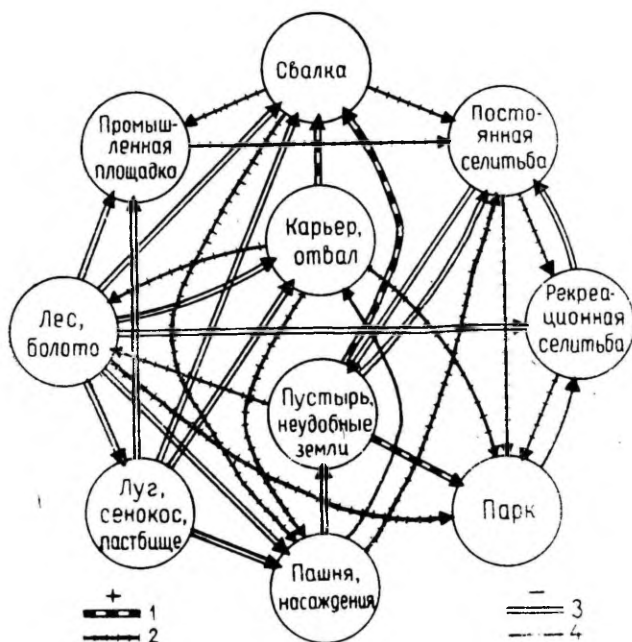


Рис. 1. Трансформации земельных угодий (на примере Нечерноземной зоны СССР). 1 — частные желательные трансформации; 2 — редкие желательные; 3 — частные нежелательные; 4 — редкие нежелательные.

1. Признание безусловной ценности сельскохозяйственных и, прежде всего, пахотных земель, связанное с представлениями о необходимости и возможности их мелиорации, приводит к тому, что экстенсивный территориальный рост всех остальных отраслей хозяйства в Нечерноземье осуществляется за счет лесов, которые фактически стали резервным фондом для всякого нового строительства и землепользования.

2. Стихийный процесс превращения дачных поселков, в том числе участков садоводческих товариществ, в постоянные поселения официально не признан, но вызывает тревогу относительно своих экологических, коммунально-хозяйственных и прочих последствий.

3. Леса, часто посещаемые людьми или рассеченные автодо-

рогами, должны быть преобразованы в загородные лесопарки и парки (конечно, с многоярусной растительностью) не только для комфорта рекреантов, но и в интересах охраны природы, так как лучше иметь процветающие культурные, чем деградирующие дикие биоценозы.

4. Города и зоны массового кратковременного отдыха должны расти за счет неплодородных, неудобных, некрасивых участков, поскольку они все-равно будут неузнаваемо преобразованы многоэтажной застройкой или пляжно-парковым благоустройством; плодородные же земли надо беречь для сельского хозяйства (что ясно многим), а красивые — для прогулок и маршрутного туризма (о чем мало кто заботится).

Раскрытие и отстаивание этих и им подобных положений не является задачей настоящей статьи. Они заслуживают особого рассмотрения по существу, а здесь приводятся только в качестве примера того, чему содействует работа над схемой трансформации земель. При дальнейшей дифференциации и детализации этой схемы можно будет выделить, построить, оценить не только отдельные преобразования, но и их цепи (пути) и, наконец, выявить возможные и невозможные, желательные и нежелательные циклы, включив их в какой-то обобщенный, рекомендуемый тому или иному региону долговременный баланс землепользования.

**3. Территориальный аспект трансформации земель.** В территориальном аспекте превращения земельных участков выглядят как их перемещения или смещения границ ареалов, занятых разными типами территории. Экстенсивному росту производительных сил соответствует *центробежная зонно-волновая диффузия* [4] —разбегание функциональных зон во все стороны от центра, отдельного поселения или густонаселенного ядра региона, расширение городов и пригородных зон, сведение лесов и тому подобные процессы, до сих пор безусловно преобладающие на Земле. Переход к экологически рациональному природопользованию требует обуздать эту экспансию, не приостанавливая прогресса общества в целом, т.е. найти центробежному территориальному развитию какую-то альтернативу. Это может быть *интенсификация территориальных сдвигов*, направление их куда-то в глубь региона.

По степени возможной или фактической подвижности своих границ земельные участки можно подразделять на *стабильные* и *мобильные*. Основываясь на классификации географических движений В. П. Семенова-Тян-Шанского [3], отметим, что мобильность земель может быть *активной* (они растут, перемещаются сами), *пассивной* (вытесняются активными землями) или той и другой одновременно (на разных участках границы). Так, пригородная рекреационная зона изнутри вытесняется постоянной сельской, а снаружи сама наступает на сельскую местность [1], в чем проявляется присущая центробежной экспансии

*волновая смена функций.* Наиболее стабильными, по определению и замыслу экологов и географов, должны быть природные заповедники, если, конечно, понимать их как вечно сохраняемый ландшафт со всем его животным и растительным населением, а не как предприятие вроде зоопарка, питомника или охотничьего хозяйства. Полярной противоположностью заповедников, не только по функциям и желательному положению в культурном ландшафте [2], но и по степени подвижности следует считать селитебные и промышленные площадки и сельскохозяйственные земли.

Экологизация народного хозяйства и образа жизни людей предполагает не прекращение всякого прогресса, а перемещение его магистральных путей с вещественно-энергетических направлений на информационные, что неизбежно заставляет нас признать необходимость некоторой *стабилизации вещественных территориальных структур.* С другой стороны, всякое продолжающееся использование земель означает их изменение, в том числе и сдвиги границ. Леса стареют, застройка ветшает, земли истощаются, а то, что еще не разрушилось, устарело морально. Для замещения участков, временно выбывших из данного вида функционирования, нужны эквиваленты в других местах. Примирить общую стабилизацию территориальной структуры с известной подвижностью ее деталей можно, если допустить периодические, т.е. пульсирующие, колебательные, вращательные смещения.

**4. Ротационная модель территориального развития.** Еще в конце 70-х годов В. А. Шупер предположил, что в «поляризованном ландшафте» [2] города должны вращаться вокруг заповедников. Иначе говоря, при выборе планировочной оси, вдоль которой может смещаться центр города и весь его контур в результате постоянной реконструкции, надо считаться с близлежащими особо охраняемыми природными территориями. Но если городу запрещено расти в сторону природного заповедника, значит, город должен расти вбок, а это и есть, при неподвижности заповедника, тенденция к вращению. Более вероятна ситуация хозяйственного многополюя вокруг одного центра: если каждое поле представлено одним клином и все поля расположены по кругу, секторами в том же порядке, в каком должны сменяться разные виды использования земли в одной точке, то частые смены функций земель будут восприниматься как скачкообразное вращение ареалов (рис. 2).

Разумеется, речь идет прежде всего о моделях, но оказывается, что и в реальной жизни признаки вращения уже имеются. Например, стремление обновлять радиальные автодороги. Если проводятся новые шоссе—дублеры и они располагаются по одну сторону от старой дороги, если смотреть из центра, например, слева (а именно так обстоит дело в западном и южном Подмосковье), то это равносильно вращению всей пригородной ин-

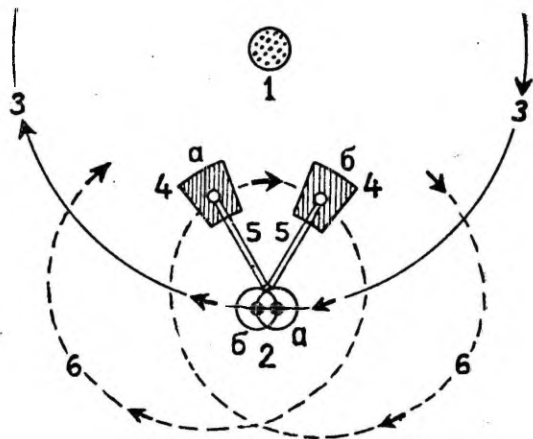


Рис. 2. Ротационная схема территориального развития. Вокруг природного заповедника (1) медленно вращается город (2) по большой круговой орбите (3), а пригородный участок сельскохозяйственных или рекреационных земель (4), соединенный с городом радиальной дорогой (5), вращается вокруг города по малой орбите эпициклоиде (6). Положения мобильных объектов: а — старое, б — новое.

фраструктуры, поскольку новые дороги, хотим мы того или нет, рано или поздно перетянут на себя новые поселения и предприятия, а старые, оставшиеся в сравнительно тихих уголках, откуда ушло транзитное движение, могут приобрести рекреационные функции или вообще быть ликвидированы, уступив место сельскому хозяйству или восстанавливаемым лесам. Как ни вредно для природы рассечение лесов автострадами, в принципе и этот процесс можно было бы включить в полезный землеоборот.

Сочетание радиальных смещений с вращательными порождает вихрь, т.е. движение по спирали. Хотя представление о спирали как траектории развития стало привычным, оно редко понимается буквально и, как ни странно, не применялось к территории. Между тем, если места возникновения каких-то новых объектов, например, пионерлагерей, домов отдыха, животноводческих комплексов удаляются от центра района и в то же время в сторону от прямых радиальных дорог, то разве это не означает движения по спирали?

В отличие от *первичных* теоретических моделей, которыми непосредственно описываются наблюдаемые явления (например, центробежная волна урбанизации), в географии существуют *вторичные* модели и представления, которые выводятся из первичных (например, только что описанные вращения и вихри).



После того как исследователь вывел из первичных явлений вторичные, он может «открыть» последние в реальной жизни, т.е. решить, что наблюдаемые сдвиги являются симптомами предполагаемого процесса. Однако с вторичными моделями надо соблюдать осторожность и проверять, нельзя ли без них обойтись. В нашем примере для осуществления экологически сбалансированного землеоборота едва ли можно предполагать полное вращение. Достаточно представить ограниченные по своей амплитуде колебания вокруг центров, осей, радиусов, а также периодический обмен функциями между соседними участками земли.

Обобщая сказанное, позволим себе сформулировать гипотетическое правило или некоторую нормативную закономерность: для сохранения экологического равновесия в культурном ландшафте мобильные элементы его территориальной структуры имеют тенденцию смещаться (колебаться или вращаться) относительно стабильных элементов. Выявление различных логико-математических и геометрических форм подобных землеоборотов могло бы стать увлекательной задачей для молодых ученых.

#### **5. Культурный ландшафтогенез и экологическая компенсация.**

На протяжении геологической истории суша и море неоднократно сменялись чуть ли не в каждой точке земного шара и местный ландшафт начинал развиваться заново. По вине людей это может произойти и в будущем. Не исключено, что природные территориальные комплексы могут восстановиться после нынешней индустриальной эры так же, как они восстанавливались после великих материковых оледенений. Наряду с рекультивациями возможны и *декультивации* — намеренные превращения культурных земель в «дикие». На смену необратимому наступлению культурных земель на дикие должно прийти своего рода многополье, вековые *циклы культурного ландшафтогенеза*.

Такая перспектива не должна нас успокаивать и порождать беспечность с уверенностью, что мы можем сколько угодно черпать природные ресурсы и портить землю, а потом то ли сама природа, то ли наши потомки обязательно все восстановят. Главная ценность идеи землеоборота не в перечислении целого ряда превращений, которые быть может и неосуществимы, а в том, что она требует от нас постоянной, не только не запаздывающей, но, напротив, *превентивной компенсации* любого урона, наносимого экосистеме хозяйственной деятельностью, причем компенсации не формальной (например, за гектар затопленного леса — гектар посаженного в другом месте), а *целесообразно эквивалентной* с учетом того, что прежний экологический эффект может быть достигнут совершенно другими средствами. Сдерживающим фактором должно быть нечто вроде «презумпции невиновности» природы: бремя доказательства должно лежать на сторонниках

преобразований, а не на защитниках существующего состояния. Такие ограничения в сочетании с творческим подходом к тому рациональному зерну, которое может содержаться в идее *всеобщего* (всеохозяйственного) землеоборота, должны обеспечить необходимую для нормального функционирования биосферы и хозяйства *экологическую стабилизацию территориальных структур природопользования.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веденин Ю. А. Динамика территориальных рекреационных систем. — М.: Наука, 1982. — 190 с.
2. Родоман Б. Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов // Ресурсы, среда, расселение. — М.: Наука, 1974. — С. 150—162.
3. Семенов-Тянь-Шанский В. П. Район и страна. — М. — Л.: ГИЗ, 1928. — 312 с.
4. Rodoman B. Ulejärgmistele sajanditele mõeldes // Eesti Loodus. — 1984. — Nr. 6. — Lk. 345—351.  
[Думая о грядущих столетиях // Природа Эстонии. — 1984. — № 6].

## RECULTIVATION AND TOTAL LAND ROTATION IN CULTURAL LANDSCAPES

B. Rodoman

### Summary

The limited quantities of our natural resources call for the introduction of a general land rotation system similar to the systems of crop rotation practiced in agriculture. Natural reserves and parks can be developed on lands recultivated after industrial use and after the demolition of delapidated settlements. The centrifugal waves of urbanization should be stopped by redirecting territorial development towards regional centres. In a ecologically balanced landscape its mobile parts should oscillate or rotate around firmly established centres to ensure constant preventive compensation for the damage caused to nature by human activities.

## ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДРЕВОНАСАЖДЕНИЯ

О. Э. Никодемус, К. К. Раман, П. А. Шарковский

Латвийский государственный университет

Атмосферные поллютанты ныне воздействуют на обширные территории лесных экосистем умеренной зоны. Особенно острая ситуация складывается в урбанизированных комплексах, где многочисленные источники загрязнения обычно расположены незакономерно и их выбросы (особенно неорганизованные) не могут быть точно учтены [1; 2]. Этим создаются своеобразные трудности для выявления основного загрязняющего объекта, играющего решающую роль в снижении биомассы лесных экосистем. Как показывают многочисленные исследования, средние нагрузки атмосферного загрязнения могут существенно изменить или даже подавить репродуктивность древесных пород, нарушить круговорот питательных веществ в лесу и метаболизм деревьев или вызвать стрессовое состояние леса. Это воздействие может быть косвенным (через насекомых—вредителей, патогенные микроорганизмы) или прямым (повреждение ткани листьев или хвои). Большинство видов такого воздействия не сопровождается появлением внешних симптомов и может быть обнаружено только в процессе самого тщательного мониторинга леса [3]. Для оценки уровня загрязнения большое значение приобретают интегральные показатели изменения природной среды. Критерий для экологической оценки эффекта влияния техногенеза — это состояние живого вещества биогеоценоза: биопродуктивность и генофонд его не должны уменьшаться, а в первичной биопродукции не накапливаться токсичные химические соединения [4].

Любая экосистема характеризуется тремя группами признаков: биологическими, геохимическими и геофизическими [5]. Биологические параметры наиболее точно и непосредственно отражают состояние экосистемы, а также изменение ее во времени. В лесном биогеоценозе наиболее характерный компонент, интегрально отражающий тренды изменения экосистемы, это древо-

стои — основной продуцент фитомассы и определитель функциональной структуры системы. Среди многочисленных биологических показателей ведущую роль играет прирост по запасу и дополнительный прирост по запасу, так как эти показатели более интегрально отражают комплексное воздействие среды и, кроме того, могут быть использованы для экономической оценки ущерба [6; 7]. Однако необходимо отметить, что биологические параметры не содержат количественные и качественные данные о причине этих изменений, которые раскрываются только через геохимические и геофизические показатели. Опыт геохимических исследований показывает, что существуют функциональные связи между выбросами и твердофазными выпадениями из атмосферы на земную поверхность [2]. Это позволяет предположить возможность использования ландшафтного субстрата, кумулирующего поллютанты, для изучения и картирования распространения загрязнения [8]. Как показывают наши исследования, а также данные других авторов [2; 8; 9; 10; 11], анализ снежного покрова и биологического материала дает представительные данные о загрязнении в период воздействия.

Цель данной работы — наметить комплексный эколого-геохимический подход к оценке эффекта отрицательного воздействия загрязнения на древонасаждения, а также выявление причин ухудшения их произрастания в сложных экологических условиях.

Для выявления причин ухудшения произрастания деревьев в древонасаждениях северо-восточной части г. Риги с 1983 по 1984 г. нами были проведены комплексные экологические исследования. Эти леса длительное время кроме фонового городского загрязнения испытывали непосредственное влияние Рижского суперфосфатного завода. Завод был основан в 1892 г. и до 1967 г. постепенно наращивал производственные мощности, а соответственно и интенсивность загрязнения воздуха. В период работы завода в лесопарковых насаждениях прилегающих территорий наблюдалось постепенное ухудшение роста, усыхание верхушек, а с 1950 г. — и полное усыхание отдельных деревьев. После прекращения производства минеральных удобрений с 1967 г. отмечена частичная регенерация депрессированных деревьев.

Однако начиная с 1983 г. наблюдалось резкое ухудшение состояния деревьев. На сравнительно большой территории проявился некроз хвои (рис. 1), а также уменьшение охвоения. В этом районе сохранилась хвоя последнего и предпоследнего года, а в неповрежденных лесонасаждениях — хвоя прежних 3—4 лет. В конце 1984 г., после подрыва устойчивости биогеоценоза неким первичным фактором, на отдельных деревьях появились вредители (*Tenthredinidae*). Для выявления этого первичного фактора нами были проведены специальные исследования, которые велись методом комплексной оценки воздействия экологических

факторов. В оцениваемых древостоях, в зависимости от расстояния до бывшего суперфосфатного завода и направления господствующих ветров, а также от условий рельефа, были заложены пять пробных площадей (рис. 1). На каждой пробной площади

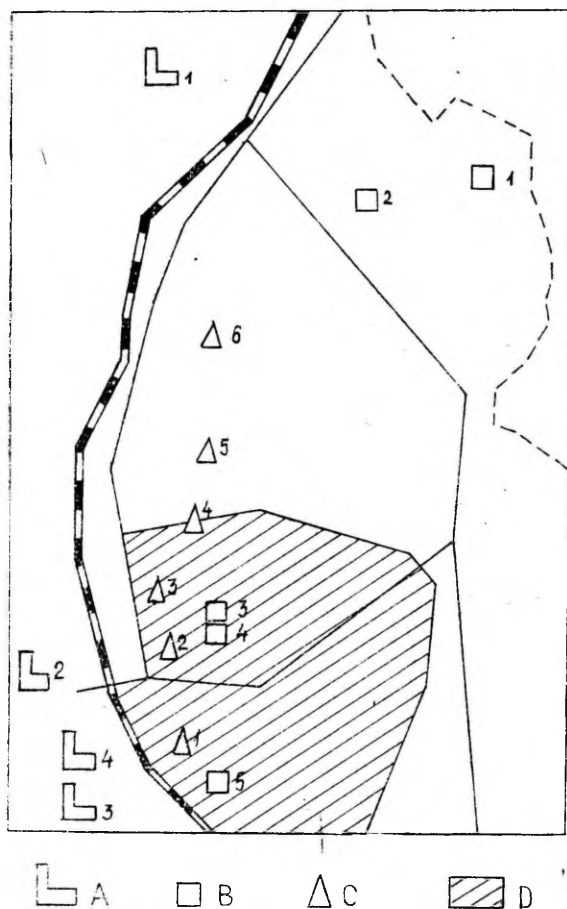


Рис. 1. Схема расположения эталонных точек и пробных площадей сбора эмпирического материала, а также район некроза хвои.  
Обозначения: А 1...4 — суперфосфатный завод; В 1...5 — расположение пробных площадей; С 1...6 — эталонные точки сбора хвои; D — район некроза хвои.

производился сбор следующих данных: распределение числа деревьев по ступеням толщины, полученное путем сплошного пере-счета всех деревьев; высота и диаметр 15 деревьев для констру-

ирования кривой высот. Приростным буравом Пресслера с двух противоположных сторон по азимуту к центру эмиссии брались образцы древесины всех растущих деревьев для измерения ширины годовичных колец. Брались также образцы хвои по годам для определения содержания тяжелых металлов и образцы почвы по генетическим горизонтам.

Для картирования территориального распределения загрязнения были отобраны пробы снежного покрова непосредственно перед началом снеготаяния. Точки по территории располагались относительно равномерно, с таким расчетом, чтобы по приближению к возможным центрам эмиссии число точек пропорционально увеличивалось. Отбор проб снежного покрова проводился дюралюминиевой трубкой с нанесенными на ее внешнюю поверхность делениями для замера высоты снежного покрова. Площадь поперечного сечения трубки — 30 см<sup>2</sup>. Нижняя часть взятого снежного керна (0,5—1,0 см) отбрасывалась, чтобы не внести загрязнения частицами почвы. На каждой эталонной точке отбиралось по 10 колонок снега, из которых получалась одна усредненная проба. Пробы фоновое загрязнения снежного покрова брались в достаточном отдалении от больших городов и промышленных объектов.

Для древостоя контролем служили 30 учетных деревьев, растущих в лесонасаждениях, не подвергнутых антропогенному воздействию, со сходным типом леса, классом возраста и бонитетом. Все обследованные чистые сосняки относятся к типу леса — сосняк зеленомошник (*Pinetum hylocomiosum*) IV и V классов возраста, произрастающие в основном на типично среднеподзолистой почве с песчаной материнской породой. Таксационная характеристика пробных площадей в момент оценки представлена в таблице 1.

Для характеристики изменения хода роста обследуемых на-

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

№ пп.	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота, м <sup>2</sup> /га	Запас м <sup>3</sup> /га	Текущий прирост		
						по высоте, м	по диаметру, см	по запасу, м <sup>3</sup> /га
1.	80—90	20	31,3	31,3	301	0,14	1,5	4,6
2.	60—70	16	25,0	8,4	66	0,30	2,9	2,5
3.	80—90	23,2	33,9	17,9	190	0,15	1,6	2,7
4.	80—90	15,6	25,0	10,5	80	0,15	1,5	1,4
5.	80—90	10,9	29,0	18,3	107	0,09	1,2	1,3

саждений проведен ретроспективный анализ древостоя по методике И. Я. Либа [6] с выявлением наиболее важных таксационных показателей текущего прироста по высоте, диаметру и запасу за период ретроспекции (1946 — 1982 гг.). Для изучения ответной реакции древостоя на воздействие антропогенного фактора определен текущий дополнительный прирост по запасу (РАС), в переводе на 1 м<sup>2</sup> суммы площадей сечения. Применение редуцированного значения РАС позволяет учесть влияние гетерогенности полноты древостоев. Значения РАС вычислялись по единой программе (ФЛОВЕР) оценки реакции древостоя на влияние факторов воздействия [12].

В образцах исследуемых почв определялись: рН<sub>н<sub>2</sub>О</sub> (потенциометрически), гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований по Каппену; подвижные К<sub>2</sub>О и Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> по Эгнеру—Риму; гумус по Тюрину, общий азот по Кьелдалю.

Пробы снежного покрова для анализа протаивались, а затем отфильтровывались. Фильтр высушивался и определялась масса труднорастворимых частиц на фильтре. В образцах снега определяли рН, а также содержание в жидкой и твердой фазах кальция, марганца, цинка, свинца, кобальта, никеля, кадмия, хрома — на атомно-абсорбционном спектрофотометре Перкин—Элмер 403. Химический состав хвои определяли следующим образом. Размельченный растительный материал (5 г) сжигали в муфеле. Полученную золу обрабатывали концентрированными азотной и соляной кислотами, кислоты удаляли выпариванием. Остаток золы растворяли в разбавленной соляной кислоте. Концентрацию тех же элементов определяли атомно-абсорбционным методом. Результаты анализов пересчитывали на абсолютно сухую массу растений.

Изучение полученных результатов показало, что с установлением газоочистных сооружений в 1962 г. и прекращением производства минеральных удобрений в 1967 г. произошло резкое увеличение текущего дополнительного прироста (рис. 2), что свидетельствует о регенерации насаждений. Максимальное значение этот показатель достиг в 1974 г. по 2-ой пробной площади — 0,22 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>. Сравнив изменения показателей текущего дополнительного прироста по запасу на исследуемых пробных площадях, можно отметить существенное отличие этого показателя на 2-ой и 5-ой пробных площадях. На второй пробной площади реакция деревьев как на увеличение загрязнения атмосферы, так и на ее уменьшение была более острой. Это можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, данное насаждение расположено ближе всего к заводу (1,25 км) и по направлению господствующих ветров в летний период; во-вторых, оно имеет относительно низкую полноту (8,4 м<sup>2</sup>/га). Как видно на рис. 2, на 5-ой пробной площади в течение последних 14 лет величина

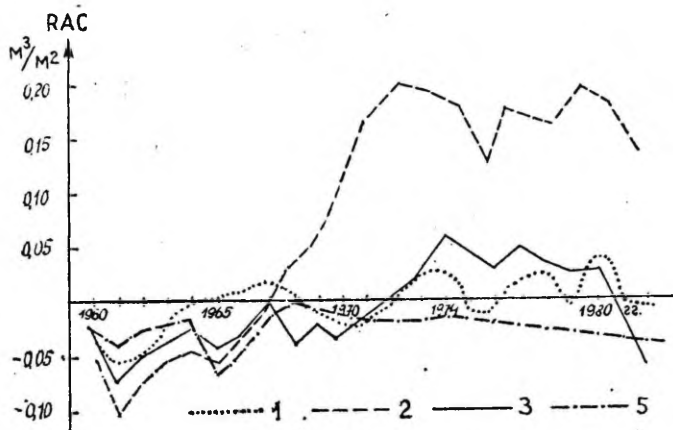


Рис. 2. Изменение текущего дополнительного прироста RAC ( $\text{м}^3/\text{м}^2$ ) под воздействием загрязнения:  
 ..... 1-я пробная площадь; ---- 2-я пробная площадь; — 3-я пробная площадь —·—·— 5-я пробная площадь.

текущего дополнительного прироста оставалась отрицательной. В этих лесонасаждениях текущий прирост по запасу ( $Z_m$ ) снизился до  $0,06 \text{ м}^3/\text{м}^2$ , а на остальной территории этот показатель соответствует  $0,15 \text{ м}^3/\text{м}^2$  (например, 1-я пробная площадь). Текущий дополнительный прирост составил соответственно —  $0,054 \text{ м}^3/\text{м}^2$  и —  $0,012 \text{ м}^3/\text{м}^2$ . В целом же спад текущего дополнительного прироста на всех пробных площадях начинается с 1975 г., причем более интенсивно процесс происходит в районе некроза хвой (пробные площади 3, 4, 5). Это свидетельствует о том, что некроз хвой, а также спад текущего прироста вызваны одинаковыми причинами.

Результаты физико-химических анализов почв показали, что изменения, происходящие в почве под воздействием загрязнения, не столь резки, чтобы влиять на общий ход прироста. Самые значительные изменения отмечены на 2-ой пробной площади, которая находилась ближе к заводу. На 1, 3 и 4 пробных площадях горизонт подстилки менее кислый ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,4-6,1$ ), чем  $A_2$  и В горизонты ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,6-5,2$ ), а на второй пробной площади такой дифференциации кислотности почв по генетическим горизонтам не отмечается ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  около  $5,0-5,1$ ). На второй пробной площади отмечено самое низкое содержание калия (максимальное содержание около  $9 \text{ мг}/100 \text{ г}$  почвы) и органического вещества в почве ( $7,7-10,4\%$ ) по сравнению с почвами других пробных площадей ( $30-44\%$ ). Но содержание азота оказалось вы-



ше, чем на остальных пробных площадях (0,65—0,85%). Как свидетельствует ход текущего дополнительного прироста, на второй пробной площади изменения в почве под воздействием загрязнения не столь разительны, чтобы мешать процессу регенерации древонасаждения, а повышенное количество азота даже ускоряет этот процесс.

Загрязнение почвы промышленными выбросами приводит обычно к понижению гидролитической кислотности и повышенному содержанию обменных оснований [13]. Содержание обменных оснований на 3 и 4 пробных площадях достигает 20,6—36 мг экв/100 г почвы, а на 1 и 2 пробных площадях — 9,2—25 мг экв/100 г почвы.

О воздействии других промышленных объектов как на содержание обменных оснований, так и на изменение тренда прироста древесины свидетельствуют данные анализов хвои и снега. Например, содержание тяжелых металлов в однолетней хвое по приближению к возможным объектам-загрязнителям увеличивается (рис. 3). В периферийной части лесопарка по сравнению с центральной частью резко повышается содержание хрома (в 2 раза), меди (в 1,6 раза) и никеля (в 1,5 раза). Сходную картину отражает распределение основной геохимической ассоциации, выявленной по данным анализа снежного покрова (рис. 4). Это позволило предположить, что на обследованные древонасаждения

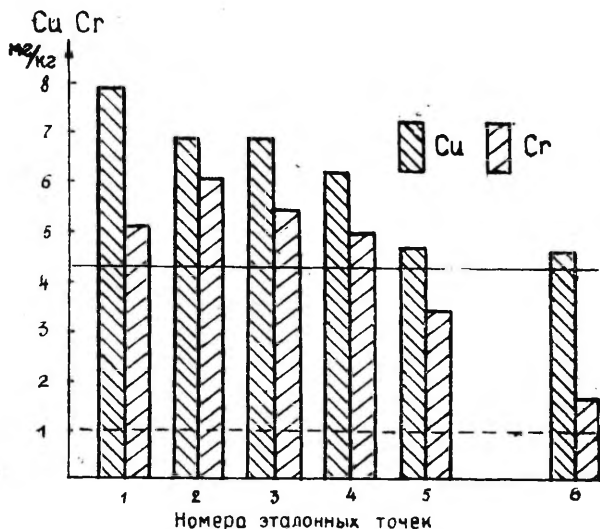
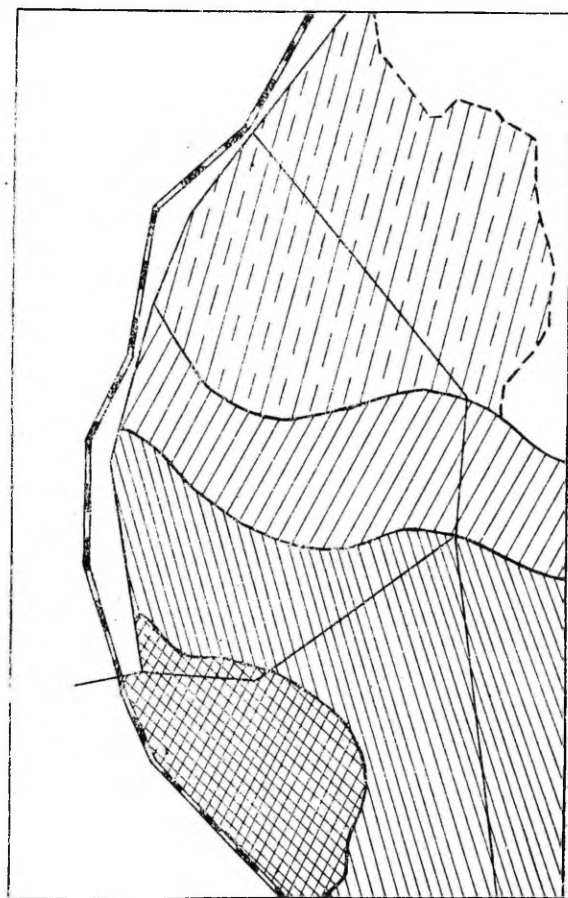




Рис. 3. Изменение кумулятивного накопления меди и хрома (мг/кг) в однолетней хвое, удаляясь от источников загрязнения атмосферы: Cu — медь; Cr — хром.


воздействуют постоянные загрязняющие объекты, так как хвоя и снег в конкретном случае отражают каждый свой период распределения концентрации примесей у земной поверхности. Сложность выявления основного промышленного объекта, вызывающего ухудшение роста деревьев, заключается в том, что в этом



Обозначения:

  $\Sigma K_a \geq 400$

  $\Sigma K_a = 200-299$

  $\Sigma K_a = 300-399$


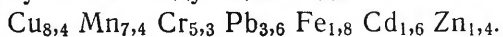
  $\Sigma K_a \leq 199$

Рис. 4. Распределение основной геохимической ассоциации (медь, марганец, хром, свинец, железо, кадмий, цинк) в снежном покрове в исследованных древонасаждениях.

районе находятся три промышленных предприятия, имеющих в составе выбросов окислы серы и азота, сернистый ангидрид, а также фтористые соединения, которые считаются наиболее опасными загрязняющими агентами, воздействующими на качество лесонасаждений. Перекрывающееся распространение атмосферных примесей, выбрасываемых деревообрабатывающим, электромашиностроительным и стекольным заводами, а также более удаленная ТЭС, обуславливают образование на земной поверхности сложной геохимической ассоциации, которая в территориальном аспекте отражается в общем ореоле (рис. 4). Геохимическая формула с коэффициентами аномалии в среднем по лесопарку имеет следующий вид:



Эта группа элементов образует свои техногенные геохимические аномалии, распространение которых позволяет выявить основные промышленные предприятия, отрицательно воздействующие своими выбросами на исследованные насаждения. В конкретном случае, учитывая аномалии элементов Cr, Pb, Zn, в наибольшей мере совпадавшими в своем распространении с контурами участка некроза хвои, а также состав выбросов промышленных предприятий, удалось выявить основное промышленное предприятие, наиболее отрицательно воздействующее на исследованные древонасаждения.

Обобщение полученных результатов показало, что воздействие суммарных выбросов промышленных предприятий, каждое из которых в отдельности и не выбрасывает критически опасную концентрацию загрязняющих веществ, вызвало снижение текущего прироста деревьев. В таком случае при некотором увеличении выбросов может проявиться некроз хвои и начаться разрушение лесной экосистемы. При этом оказалось, что пострадавшие ранее ценопопуляции более чувствительны к воздействию отрицательных внешних факторов, чем насаждения, не подвергшиеся такому воздействию.

В заключение можно отметить, что комплексный эколого-геохимический подход позволяет всесторонне осветить сущность проблемы загрязнения древонасаждений, а именно: выяснить совокупность причин возникновения и распространения загрязнения, выявить и оценить тенденции изменения биогеоценоза под воздействием поллютантов, дать необходимые рекомендации по предотвращению загрязнения и ликвидации его последствий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сает Ю. Е., Сорокина Е. П., Ревич Б. А. Геохимические методы при оценке интенсивности промышленного воздействия на окружающую среду// Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. — Пушкино, 1984. — С. 172—173.

2. Сает Ю. Е., Смирнова Р. С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды // Сб. — М., 1983. — Выпуск 120. — С. 45—55.
3. Смит У. Х. Лес и атмосфера. — М., 1985.
4. Глазовская М. А. Факторы устойчивости биогеоценозов к техногенным воздействиям и критерии экологического нормирования // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. — Пушкино, 1984. — С. 39—40.
5. Керженцев А., Сороковиков В., Злобин А. и др. Биологические методы в системе регионального экологического мониторинга на биосферной станции Пушкино // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды — Л., 1984. — Вып. 2. — С. 92—97.
6. Лиепа И. Я. Динамика древесных запасов: Прогнозирование и экология. — Рига, 1980. — 170 с.
7. Лиепа И. Я., Поспелова Г. Е., Раман К. К. Комплексная оценка реакции древостоев на влияние разновидностей воздействия // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. — Каунас-Гирионис, 1984. — С. 92.
8. Никодемус О. Э., Раман К. К., Шарковский П. А. К методике определения накопления загрязняющих элементов в лесных насаждениях // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. — Каунас-Гирионис, 1984. — С. 30—31.
9. Василенко В. Н., Назаров Н. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л., 1985.
10. Мэннинг Уильям Дж., Федер Уильям А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. — Л., 1985.
11. Солнцева Н. П. Методика ландшафтно-геохимических исследований влияния техногенных потоков на среду // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. — М., 1981. — С. 41—78.
12. Лиепа И. Я. Единая программа оценки реакции древостоя на влияния факторов воздействия // Моделирование и прогнозирование в экологии. — Рига, 1980. — С. 44—68.
13. Важенкина Е. А. Влияние техногенных выбросов через атмосферу на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв // Агрохимия. — 1984. — № 5. — С. 74—80.

## THE EFFECT OF POLLUTION ON TREE STANDS

O. Nikodemus, K. Ramans, P. Sarkovskis

### Summary

Forest ecosystems were investigated in conditions of varying pollution. The state of tree stands was established on the basis of their reduced additional current increment in volume (RAC), that of the soils on the basis of their physico-chemical properties, the current level of pollution was assessed on the basis of the content of heavy metals in the needles of the conifers and in the snow cover. It was found, that a decrease in atmospheric pollution in the pine stands (*Pinetum hylocomiosum*) was followed by a process of regeneration. At the same time the stand was found to be less resistant to the effect of new pollutants, which can lead to a rapid degradation of the ecosystem.

## **ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ НАЗАРОВСКОЙ И ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС**

**Л. К. Казаков, А. Л. Кисчарёв**

Московский государственный университет

Мощные тепловые электростанции продолжают оставаться одним из основных источников загрязнения природной среды, несмотря на строительство на них очистных сооружений и увеличения высоты труб. На Европейской части СССР борьба с неблагоприятным влиянием энергетического производства на окружающую среду ведется путем варьирования типов строящихся электростанций и видами используемого на существующей сети ТЭС топлива, а также выбором мест под новое строительство (в частности, для АЭС).

В то же время строящиеся на КАТЭК\* и ЭТЭК\*\* мощные электростанции из-за специфики топлива относительно жестко привязаны к угольным месторождениям. Поэтому здесь важное значение приобретает научно обоснованная эколого-географическая оптимизация районных планировок прилегающих к ТЭС территорий. Обоснованием такой оптимизации являются географические и санитарно-гигиенические исследования сфер влияния конкретных ТЭС по условиям миграции, перераспределения и накопления в ландшафтах загрязнителей, а также ответных реакций отдельных составляющих природной среды на загрязнение. Исходя из полученных результатов зонирования сфер влияния ТЭС на окружающую среду может оптимизироваться очистное оборудование, размещение санитарно-защитных зон, промышленных и селитебных территорий, определяться мощность самой электростанции. Кроме того, физико-географические исследования сферы влияния ГРЭС позволяют определить пределы устойчивости ландшафтов к загрязнителям и рекомендовать ком-

---

\* Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс (КАТЭК).

\*\* Экибастузский топливно-энергетический комплекс (ЭТЭК).

плекс конструктивных ландшафтно-планировочных мероприятий, позволяющих сгладить возможные негативные изменения в природной среде.

Исследованные нами Экибастузская ГРЭС—I и Назаровская ГРЭС по характеру используемого угля и составу дымовых выбросов могут рассматриваться как аналоги строящихся ГРЭС КАТЭКа и ЭТЭКа, а по объемам выбросов загрязняющих веществ они даже превышают проектные мощности последних. Поэтому выводы, рекомендации и ограничения по использованию прилегающих к ГРЭС территорий вполне могут быть применимы в проектах дальнейшего развития ЭТЭКа и КАТЭКа.

Высота основных труб Экибастузской ГРЭС—I составляет 300—330 м, Назаровской — 150—250 м. По объемам дымовых зольных выбросов Экибастузская ГРЭС имеет примерно в 5 раз худшие показатели, чем Назаровская, а по  $SO_2$  Экибастузская ГРЭС в 1,3 раза превышает выброс Назаровской ГРЭС.

Основными метеорологическими факторами, влияющими на перенос, рассеивание и выпадение загрязняющих веществ на земную поверхность являются: ветровой режим, температурная стратификация атмосферы, атмосферные осадки, туманы.

Территория западного участка КАТЭКа, где ведется строительство комплекса крупных тепловых электростанций и расположена Назаровская ГРЭС, находится в межгорной котловине предгорий Южной Сибири. Днище Назаровской впадины занимают преимущественно лесостепные ландшафты, а обрамляющие его низкогорные хребты заняты в основном смешанными и мелколиственными широколиственными лесами на серых лесных почвах.

ЭТЭК расположен в сухостепной зоне Центрального Казахстана, где преобладают ландшафты цокольных волнисто-мелкосопочных равнин и плато с каштановыми щебнистыми часто солончеватыми почвами, преимущественно под ковыльно-типчаковыми и типчаково-полынными с прутняком и спиреей растительными ассоциациями.

Положение ЭТЭКа и КАТЭКа в центральной внутриконтинентальной части Евразийского материка определило ряд общих черт, характеризующих условия рассеивания загрязнителей в атмосфере и ее самоочищение. Оба эти района в зимний период находятся в сфере сильного влияния устойчивого центральноазиатского антициклона. То есть в этот период для них характерна устойчивая ясная морозная погода, с частыми температурными инверсиями, пониженными скоростями ветра и штилями. Особенно неблагоприятная санитарно-гигиеническая обстановка вокруг ГРЭС складывается в период длительных, приподнятых на 350—500 м температурных инверсий, изотермий в сочетании со штилями. В такие периоды дымовые загрязнители скапливаются в подинверсионном слое и оседают в непосредственной бли-

зости от ГРЭС. При повышенных скоростях ветра рассеивание загрязнителей идет быстрее и на большем расстоянии. В связи с этим понижаются приземные концентрации в непосредственной близости от ГРЭС, но эпизодически они могут сильно возрастать с удалением от неё. При сильных ветрах, в условиях повышенной турбулентности атмосферы, дымовой шлейф неустойчив в пространстве, он то прижимается к земной поверхности, то уходит вверх, то изменяет направление. Поэтому приземные концентрации загрязнителей при сильных ветрах неустойчивы как в пространстве, так и во времени.

Различия в положении относительно центральных частей зимнего азиатского антициклона, а также особенности рельефа территории определили то, что повторяемость мощных приземных и приподнятых инверсий, сочетающихся со штилями и малыми скоростями ветров в районе КАТЭКа в 1,5—2 раза больше, чем в Экибастузе. Это связано с тем, что территория КАТЭКа расположена ближе к центру азиатского максимума, чем территория ЭТЭКа, остающаяся в периферийной части или захватываемая его отрогом. Кроме того, котловинный рельеф территории КАТЭКа определяет застойные явления в атмосфере и формирование инверсий за счет стекания холодного воздуха с вершин и склонов хребтов. Положением относительно центра антициклона, а также особенностями рельефа определяются и различия в скоростях ветров, характерных для исследованных районов. Так, среднегодовая скорость ветра в Экибастузе составляет 4,1 м/сек., а в районе Назарово — 2,9 м/сек. (Шарыпово — 3,5 м/сек.). С этими же факторами связаны различия в периодичности туманов и их продолжительности на КАТЭКе и ЭТЭКе. Туманы, также как и приподнятые инверсии и малые скорости ветров, повышают приземные концентрации загрязнителей и приближают зону максимальных их поступлений на земную поверхность к источнику выбросов. В районе Экибастуза повторяемость туманов составляет 160—170 часов в год при средней их продолжительности 4—6 часов. В Назаровской впадине их повторяемость составляет 200 часов при средней продолжительности 7 часов.

Положение ЭТЭКа и КАТЭКа в различных природных зонах, а также особенности рельефа определили различие в количестве, продолжительности и характере выпадения атмосферных осадков на данных территориях. Атмосферные осадки являются важным фактором самоочищения атмосферы. Одновременно они уменьшают атмосферный разнос загрязнителей и увеличивают их поступление к земной поверхности в ближних к ГРЭС зонах. Положение КАТЭКа в лесостепной зоне, а также орографические возмущения, обусловленные наличием хребтов и поднятий, ведут к тому, что здесь выпадает в 1,5—2 раза больше осадков, чем в Экибастузском районе, расположенном в сухостепной зоне и характеризующимся равнинным рельефом.

В целом коэффициент неблагоприятности рассеивания дымовых выбросов от высоких труб для западного участка КАТЭКа примерно в 1,2 раза выше, чем для ЭТЭКа. Для низких неорганизованных выбросов коэффициент неблагоприятности рассеивания техногенных примесей в атмосфере, или потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) по Э. Ю. Безуглой /1/, для КАТЭКа также в 1,2—1,3 раза выше, чем для Экибастуза.

Таким образом, в Назаровской впадине за счет пониженного коэффициента рассеивания загрязнителей в атмосфере выбросы ГРЭС будут в относительно большем объеме выпадать на земную поверхность в ближних к ГРЭС зонах, чем в районе Экибастузского ТЭК. Выбросы Экибастузских ГРЭС будут интенсивнее рассеиваться в атмосфере, а приземные концентрации загрязняющих веществ здесь будут меньше (при прочих равных условиях). В то же время сухостепная зона, где расположен ЭТЭК, характеризуется повышенной естественной запыленностью атмосферы, связанной с высокими скоростями ветров, сухостью почв, малым проективным покрытием их растительностью, наличием оголенных участков солончаков. То есть это район преобладания механической миграции химических элементов, связанной с их перераспределением под действием ветра. Запыленность таких территорий резко возрастает при хозяйственном их освоении. Дымовые выбросы Экибастузских ГРЭС, наложенные на повышенный естественный потенциал запыления (ЕПЗ), могут значительно ухудшить санитарно-гигиеническую обстановку в этом районе, особенно в промышленных и селитебных зонах. Следовательно, для данной территории огромное значение приобретают различные ландшафтно-планировочные и озеленительные мероприятия, позволяющие уменьшить запыленность указанных районов [2].

Расчеты по данным опробывания снежного покрова показали, что в зафиксированных сферах влияния Экибастузской и Назаровской ГРЭС радиусом 20—24 км за счет циркуляционных факторов атмосферы местного значения к земной поверхности поступает от 20 до 30—35% выбрасываемых из дымовых труб загрязнителей (золы и  $\text{SO}_2$ ). Остальная масса дымовых выбросов включается в глобальный круговорот веществ и, рассеиваясь, переносится на большие расстояния.

Территория КАТЭКа характеризуется повышенным выпадением осадков, меньшим количеством поступающей радиации, а как следствие, большим стоком, промывным и сезонно-промывным режимом почв. Это благоприятно сказывается на выносе загрязнителей из ландшафтов с поверхностным и внутрипочвенным стоком. По данному показателю потенциал самоочищения ландшафтов КАТЭКа примерно в два раза выше, чем у ландшафтов, развитых в Экибастузском районе.



По величине ионного стока и атмосферным осадкам, характеризующим способность ландшафтов к самоочищению от растворимых загрязняющих веществ, район западного участка КАТЭКа в 4—6 раз благоприятнее по сравнению с Экибастузом. Кроме того, плодородие почв, высокий биологический круговорот, а также более мощный и разнообразный растительный покров территории КАТЭКа определяют большую буферность местных ландшафтов к загрязнителям по сравнению с ландшафтами ЭТЭКа.

Натурные исследования в сферах влияния Назаровской и Экибастузской ГРЭС, позволили выявить особенности перераспределения загрязняющих веществ, поступающих в окружающую природную среду с дымовыми выбросами.

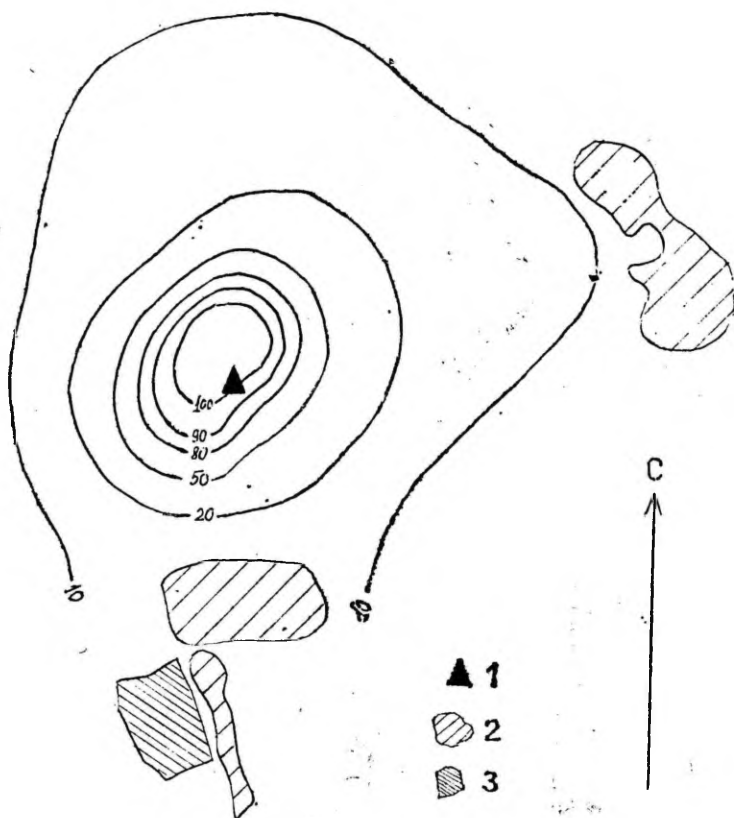


Рис. 1. Содержание пыли в снежном покрове вокруг Экибастузской ГРЭС (в отн. ед.). 1 — ГРЭС; 2 — карьеры и отвалы; 3 — населенные пункты.

На основании результатов одновременных измерений приземных концентраций загрязнителей вокруг Экибастузской ГРЭС установлено, что максимальные их значения наблюдаются в радиусе до 10—11 км от ГРЭС, а наиболее стабильно загрязняемая зона лежит в радиусе до 6 км. Максимальные разовые приземные концентрации пыли, сернистого ангидрида и окислов азота в воздушном бассейне в сфере влияния выбросов ГРЭС отмечены при скорости ветра не более 1—3 м/сек. При усилении ветра до 6 м/сек наблюдается резкое уменьшение приземных концентраций названных компонентов выбросов.

Изучение поступления загрязняющих веществ на земную поверхность вокруг ГРЭС за длительный период путем опробывания снежного покрова позволило выделить три техногенно обусловленные зоны. В первой зоне максимальной техногенной нагрузки (до 6 км в радиусе) поступление к земной поверхности пылевой фракции в 60—100 раз превышает фоновые значения (рис. 1). Вторая зона умеренно сильной техногенной пылевой нагрузки располагается в 7—12 км от ГРЭС, заметно вытягиваясь при этом к западу-северо-западу и сокращаясь до 9—10 км в юго-восточном и восточном направлениях. В этой зоне техногенная пылевая нагрузка на ландшафт превышает фоновые выпадения в 10—20 раз. Следующая зона слабого техногенного воздействия располагается на расстоянии 14—24 км. Здесь концентрации пыли в снежном покрове превышают фоновые уровни в 2—5 раз.

Выпадение дымовых выбросов ГРЭС, зафиксированное по поступлению сульфат-иона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) на выровненную поверхность или в ложбины в условиях целинной степи за зимний период, наблюдается в радиусе 24—25 км. В радиусе 6—8 км от ГРЭС наиболее загрязненными оказываются межсочные понижения и склоны сопок, где содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в снеговых водах превышает фоновые значения в 5—6 раз.

Геохимически важным интегральным показателем возможных техногенных изменений в условиях миграции элементов в ландшафтах является кислотность атмосферных осадков (рН). В сфере влияния Экибастузской ГРЭС имеет место подщелачивание снеговых вод. При этом в зоне максимальных нагрузок в радиусе до 5 км рН снеговых вод возрастает на единицу, а надежно фиксируемая зона незначительного техногенного подщелачивания достигает 18—20 км.

Исследования загрязнения снежного покрова вокруг Назаровской ГРЭС показали, что за зимний период (декабрь—март) в сфере ее максимального влияния на земную поверхность поступает 60—100 т/км<sup>2</sup> зольных частиц, что в 80—100 раз превышает фоновые выпадения (рис. 2).

Ежегодно максимальные поступления на земную поверхность твердых частиц из выбросов Назаровской ГРЭС достигают

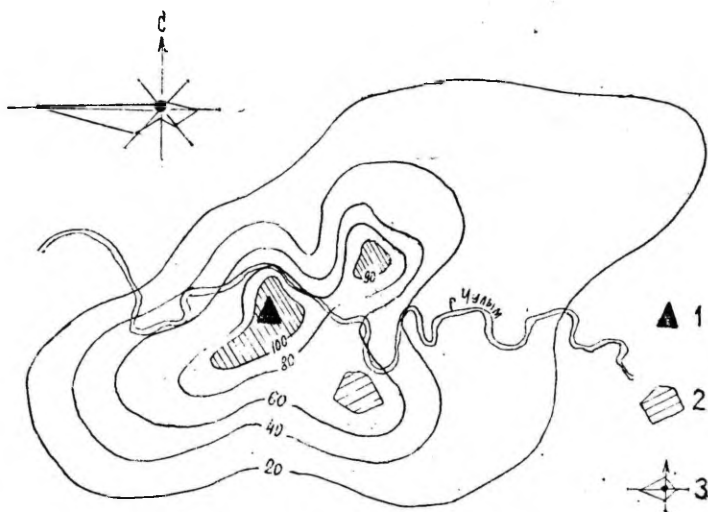


рис. 2. Поступление зольной фракции дымовых выбросов Назаровской ГРЭС : земной поверхности за зимний период (в отн. ед.). 1 — ГРЭС; 2 — населенные пункты; 3 — роза ветров за зимний период.

300—600 т/км<sup>2</sup>, а по данным Н. Д. Давыдовой [3] могут достигать 900 т/км<sup>2</sup>. Ежегодно в составе аэрозолей на земную поверхность здесь выпадает от 20 до 60 т/км<sup>2</sup> растворимых веществ. Это в 4—10 раз больше, чем на фоновых участках.

Сфера влияния Назаровской ГРЭС вытянута в СВ направлении, а зона максимального загрязнения имеет радиус 1—6 км. Наиболее загрязненными являются склоны хр. Арга, обращенные к ГРЭС, и долинные ландшафты р. Чулыма. Это в целом соответствует расчетным моделям максимальных выпадений техногенных выбросов вокруг высоких источников для средних погодных условий данной местности [4].

По направлению преобладающих ветров на расстоянии до 12 км от ГРЭС содержание в снеговых водах  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в 4—8 раз превышает количество, зафиксированное в фоновых условиях (рис 3, 4). По остальным растворимым элементам, ингрдиентам выбросов, различия выражены значительно слабее. Большое количество  $\text{CaO}$  (до 45%) в золе приводит к изменению кислотности атмосферных осадков. При этом pH снеговых вод в зоне максимального воздействия повышается до значений 9,9—10,9 против 6,1—6,6 в фоновых условиях (рис. 5).

Исследования загрязнения снежного покрова позволили дифференцировать прилегающую к ГРЭС территорию по интенсивности техногенных выпадений и выделить следующие зоны: зону максимальных поступлений компонентов выбросов на земную

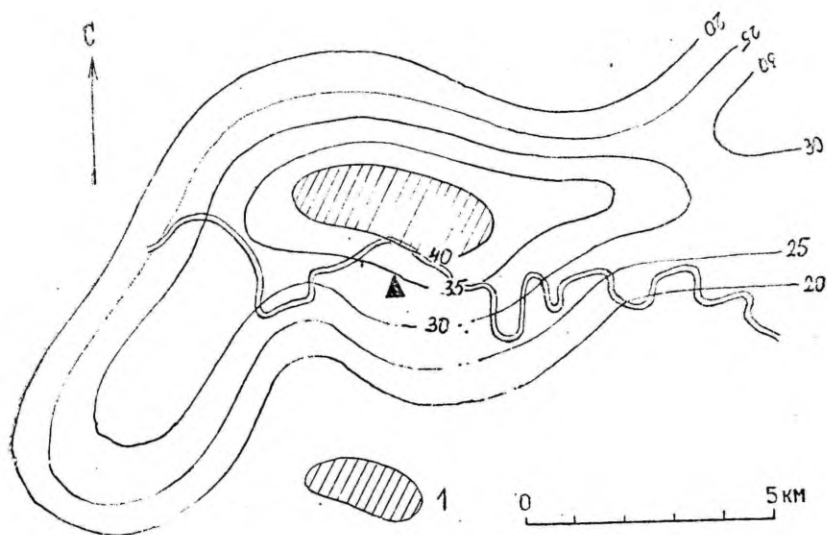


Рис. 3. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в снеговых водах вокруг Назаровской ГРЭС, мг/л.  
1 — область наибольшего содержания.

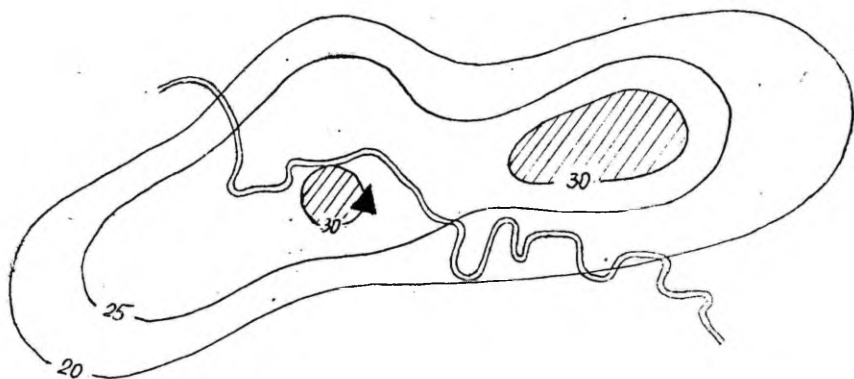


Рис. 4. Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в снеговых водах вокруг Назаровской ГРЭС, мг/л.

поверхность; зону средней интенсивности техногенных выпадений; зону относительно невысокого поступления компонентов выбросов.

Зона максимальных поступлений вытянута с юго-запада на северо-восток и простирается на 6—6,5 км в северо-восточном направлении от ГРЭС. В пределах этой зоны в природные комплексы за период с декабря по март ежегодно поступает 60 и более тонн твердых компонентов выбросов на 1 км<sup>2</sup>. Кроме золь-

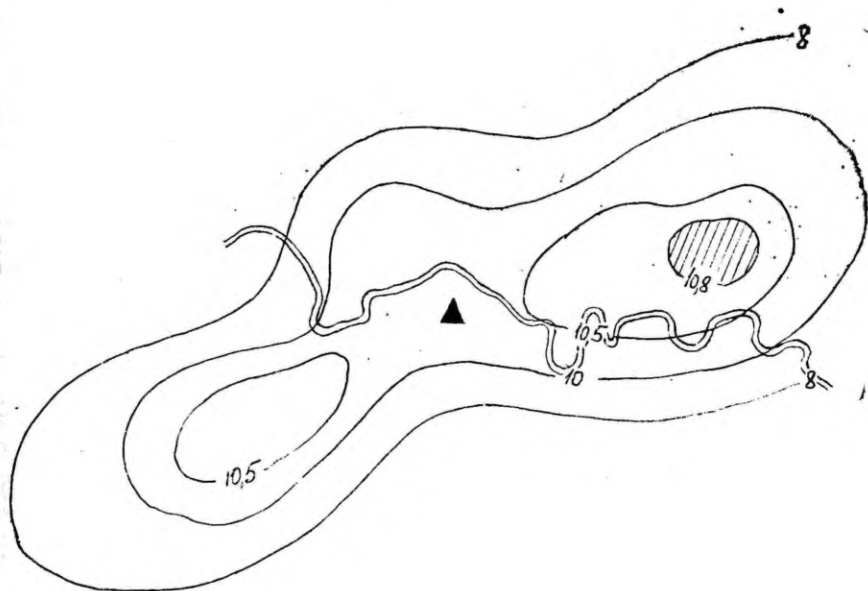


Рис. 5. Значения pH снеговых вод вокруг Назаровской ГРЭС.

ных выбросов из труб ГРЭС в этой сумме техногенной нагрузки на прилегающие ландшафты принимают участие выбросы промышленных предприятий, находящихся в непосредственной близости от ГРЭС.

Зона средней интенсивности техногенных выпадений простирается до 10 км к северо-востоку от ГРЭС и соответствует выпадениям 20—60 т твердых частиц на 1 км<sup>2</sup> за указанный период. Для третьей из перечисленных зон характерно поступление к земной поверхности 10—20 т твердых частиц на 1 км<sup>2</sup>. В периферийной части сферы влияния Назаровской ГРЭС поступление пылевых частиц на земную поверхность за зимний период составляет менее 10 т/км<sup>2</sup> и постепенно падает до 1—0,5 т/км<sup>2</sup> в фоновых условиях.

Следовательно, несмотря на то, что выбросы Экибастузской ГРЭС значительно превышают выбросы Назаровской ГРЭС, поступление загрязнителей к земной поверхности в сферах их влияния примерно одинаково относительно фона. Это подтверждает сделанные ранее выводы о более благоприятных физико-географических условиях рассеивания техногенных выбросов в районе ЭТЭКа по сравнению с Назаровской котловиной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — 184 с.
2. Казаков Л. К., Ключарёв А. Л., Тюльпакова О. Н. Эколого-географическая

- ситуация и модификации ландшафтов в сфере влияния Экибастузской ГРЭС // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду: Тез. докл. Всес. школы, 4—8 дек. 1984 г., Звенигород. — Пушкино, 1984. — С. 85—86.
3. Давыдова Н. Д., Покатилов Ю. Г. Особенности влияния выбросов ГРЭС на геосистемы западного участка КАТЭКа // География и природные ресурсы. — 1981. — № 4. — С. 92—100.
4. Буренин Н. С., Горошко Б. Б., Панфилова Г. А. Основные результаты исследований распространения примесей в районе тепловой электростанции с высотой труб 320 м и сопоставление их с расчетами // Труды ГГО. — 1982. — Вып. 450. — С. 61—68.

## PHYSICO-GEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF THE REDISTRIBUTION OF THE POLLUTANTS FROM THE NAZAROV AND EKIBASTUZ THERMAL POWER-STATIONS

L. Kazakov, A. Klyucharev

### Summary

The thermal power-stations of the Kansk-Achinsk and Ekibastuz fuel-consuming complexes (KAFCC and EFCC) depend to a great extent on natural resources. Hence, the problem of ecologico-geographical optimisation of regional planning of the areas is of the utmost importance. A comparative analysis has been made of the physico-geographic potentials of self-purification of the areas lying close to the power-stations from pollutants contained in the smoke. The paper discusses the results of a geochemical analysis of the snow cover in the areas affected by the discharges from the power-stations aimed at establishing the zones with different technogenous loads and checking the preliminary conclusions concerning the physico-geographic potential of pollution in the areas under consideration. The authors present their conclusions as to the relative resistance of such local natural complexes as forest, partially-wooded and steppe zones to the discharges from the thermal power-stations consuming the low-sulphur coal mined in Ekibastuz and Nazarov.

## **ЛАНДШАФТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ БССР ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ**

**В. А. Прокопня, В. М. Яцухно**

Институт геохимии и геофизики АН БССР

Несмотря на то, что территория БССР не принадлежит к числу крупных горнопромышленных районов, площади земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых, здесь значительны, что ставит проблему их рекультивации в ряд важнейших задач охраны среды и рационального природопользования. Наряду с выработанными торфяниками к ним относятся горнопромышленные ландшафты (ГПЛ), формирующиеся при разработке нерудных полезных ископаемых (цементное сырье, мел, мергель, доломит, глины кирпичные, тугоплавкие и огнеупорные, песчано-гравийные материалы, пески строительные, силикатные, формовочные и стекольные, строительный камень и др.), которые и явились объектом настоящих исследований.

Горнопромышленные ландшафты рассматриваются нами как сложные природно-техногенные комплексы, генетически обусловленные совместным проявлением двух взаимосвязанных и взаимообусловленных факторов — природного и техногенного. Несмотря на значительную степень трансформации исходных ландшафтов, подвергшихся горнопромышленному воздействию, принцип природно-техногенной совместимости [4], при формировании ГПЛ проявляется достаточно четко. Это особенно характерно для карьерно-отвальных комплексов, связанных с эксплуатацией нерудных полезных ископаемых, которые, образно говоря, «ближе» к своей исходной природной первооснове, чем ГПЛ, формирующиеся при эксплуатации других видов полезных ископаемых.

Научное обеспечение прикладных задач рекультивации, осуществляемое с учетом сложного генезиса нарушенных ландшафтов, в качестве первоочередных задач предполагает систематизацию и анализ общих категорий и форм природно-техногенных взаимосвязей и закономерностей их проявления в условиях кон-

кретного техногенного воздействия. При таких исследованиях различают межкомпонентные («вертикальные») и межсистемные («горизонтальные») категории взаимосвязей [1]. Анализ природно-техногенных взаимосвязей целесообразно, на наш взгляд, осуществлять применительно к двум этапам: дотехногенному — *при разведке месторождения и подготовке его к эксплуатации и* посттехногенному — при взаимодействии ГПЛ с сопредельными природными ландшафтами.

Целью первого этапа, основывающегося на исследовании межкомпонентных взаимосвязей, является выяснение зависимости свойств и параметров формирующихся ГПЛ от особенностей исходных, естественных ландшафтов. На представительном фактическом материале нами рассмотрены зависимости, выявленные для следующих причинно-следственных групп, включающих, с одной стороны, ведущие природные факторы исходных ландшафтов, с другой — обусловленные ими параметры горнопромышленных ландшафтов:

а) характер исходного рельефа, вид добываемого сырья и горно-геологические условия его залегания — морфологические и морфометрические особенности ГПЛ;

б) мощность и литологический состав вскрышных пород, характер почвенного покрова, вид добываемого сырья — состав и свойства грунтосмесей нарушенных территорий;

в) рельеф территории, горно-геологические условия залегания ископаемого, уровень залегания грунтовых вод — характер обводненности карьерно-отвального ландшафта;

г) литологический состав вскрышных пород, вид добываемого сырья, характер почвенного покрова, увлажненность территории — направленность и скорость формирования био- и зооценозов;

д) литологический состав почвогрунтов, характер рельефа (абсолютные и относительные отметки, экспозиция склонов и др.) — микроклиматические параметры ГПЛ.

Анализ природно-техногенных взаимосвязей позволил установить, что в качестве ведущих природных факторов, обуславливающих особенности ГПЛ, в первую очередь выступают: вид добываемого сырья и горно-геологические условия его залегания, характер исходного рельефа территории, мощность и литологический состав вскрышных и вмещающих пород. Установлено, что для определенных групп нерудных ископаемых существуют сходные черты по этим и другим показателям исходных ландшафтов.

Так, большинство месторождений глинистого сырья на территории республики связано с отложениями озерно-ледникового и озерно-аллювиального генезиса. Озерно-ледниковые глины встречаются преимущественно в Поозерье и в пределах Белорусской гряды, озерно-аллювиальные тяготеют к южной части БССР. Их образование происходило главным образом за счет матери-



ала, поступавшего с ледниковыми водами и накапливавшегося в отрицательных формах рельефа. Вследствие этого большинство месторождений глин приурочено к пониженным, выравненным участкам рельефа, с неглубоким (1—5 м, редко до 10 м) уровнем залегания грунтовых вод, то есть преимущественно к ландшафтам супераквального [2] типа. Форма залежи этого вида сырья обычно пластообразная и линзообразная, падение пласта пологое. Мощность полезного ископаемого обычно невелика (1,0—8,0 м), также невелика и мощность вскрышных пород (до 1—5 м). Почвенный покров этих территорий представлен преимущественно комплексом дерново-подзолистых почв полугидроморфного, реже автономного ряда. Таким образом, вертикальный разрез глинистых месторождений, включающий почвенный слой, вскрышные породы и полезные ископаемые, обычно невелик по мощности, достигая в среднем 5—10 метров.

Основное количество месторождений песков и песчано-гравийных материалов (около 85%) связано с отложениями водно-ледникового и частично моренного генезиса. Водно-ледниковые отложения на территории региона представлены в виде камов, озов, конечно-моренных холмов, зандров, флювиогляциальных дельт и приурочены преимущественно к повышенным элементам рельефа с глубоким (10—30 и более метров) уровнем залегания грунтовых вод (ландшафты элювиального типа). Форма залежей этого вида сырья, как правило, линзообразная, реже пластообразная, падение пласта пологое. Мощность ископаемого колеблется от 0,5 до 25—35 метров, а мощность вскрышных пород обычно невелика — 0—7,5 м. Площадь месторождений варьирует в широких пределах — от 1—10 до 150—350 га и более. Почвенный покров представлен в основном дерново-подзолистыми почвами автономного ряда преимущественно легкого механического состава. Вертикальный разрез такого рода месторождений более значителен, чем для разработок глинистого сырья, колеблясь в пределах от 5—10 до 30—40 метров.

Месторождения карбонатного сырья встречаются как в коренном залегании, так и в виде отторженцев, приуроченных преимущественно к отложениям моренного генезиса. Коренные месторождения залегают на глубинах от нескольких до 10—30 метров при мощности до 50—80 (иногда 150) метров. Отторженцы мела имеют чаще всего вытянутую форму и крутое падение пласта. Мощность мела в них составляет от 0,3—1 до 60 м, достигая иногда 100—140 м, размеры варьируют в широких пределах: длина — от нескольких десятков до 1000—3500 метров, ширина — от нескольких до 200—400 метров. Вскрышными породами обычно служат разнообразные четвертичные образования, мощность которых порой значительна, до 15—23 метров. Залежи карбонатного сырья чаще всего приурочены к повышенным территориям, со значительной глубиной (10 и более метров) залегания

уровня грунтовых вод, то есть к ландшафтам элювиального типа. Почвенный покров представлен различными по механическому составу дерново-подзолистыми почвами автономного ряда. В целом вертикальный разрез месторождений карбонатных материалов обычно наиболее значителен по мощности относительно других видов нерудных ископаемых, составляя в среднем от 10—50 до 100—160 метров.

Таким образом, наличие определенных сходных черт для каждой из групп ископаемых в генезисе формирующих их пород, ландшафтной приуроченности, горно-геологических условий залегания, геоморфологической обстановки, гидрогеологических условий и др. в известной мере определяет (при сходных технологических схемах разработки месторождений) схожесть многих параметров формирующихся при их эксплуатации ГПЛ, в том числе их морфологических и морфометрических характеристик, состава и свойств грунтосмесей, гидрогеологической обстановки и др., то есть тех параметров, которые во многом обуславливают выбор направлений и методов рекультивации нарушенных ландшафтов.

Следовательно, анализ природно-техногенных взаимосвязей, то есть всесторонняя оценка исходной природной ситуации территорий будущих ГПЛ и прогноз их трансформации при эксплуатации того или иного месторождения, должен служить обязательным элементом предварительной стадии разработок проектов рекультивации конкретных объектов.

Необходимость такого анализа была подтверждена результатами наших исследований, выполненных на большом количестве (более 200) уже существующих объектов рекультивации территории республики, которые достаточно убедительно свидетельствуют о наличии как прямых, так и обратных природно-техногенных взаимосвязей. Суть этих взаимосвязей можно выразить следующим тезисом: исходная природная ситуация во многом обуславливает характер и особенности техногенного (в т.ч. горнопромышленного) воздействия, последствия которого в свою очередь будут различными для различной ландшафтной обстановки. Именно последствия горнопромышленного воздействия, включающие комплексную характеристику карьерно-отвальных комплексов и их взаимодействие с сопредельными природными ландшафтами, должны стать главной целью второго, посттехногенного этапа исследования.

Такого рода исследования объектов рекультивации территории БССР, включающие изучение их географии и специфических особенностей, детальную характеристику морфологических и морфометрических параметров ГПЛ, состава и свойств грунтосмесей нарушенных территорий, гидрологических и гидрогеологических характеристик, изучение процессов восстановления поч-

венного и растительного покровов как естественным, так и искусственным путем, анализ динамики компонентов восстановленного ландшафта и др.[3], позволили провести типизацию объектов рекультивации региона и разработать мероприятия по оптимизации разнотипных карьерно-отвальных образований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. — М.: Мысль, 1980. — 264 с.
2. Полынов Б. Б. Избранные труды. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — 751 с.
3. Прокопеня В. А., Максимович А. М., Хомич А. А. Основные направления рекультивации карьерно-отвальных ландшафтов. — Минск: БелНИИНТИ, 1981.
4. Федотов В. И. Методологические основы и методика изучения техногенных ландшафтов // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. — М.: Наука, 1978. — С. 53—64.

### LANDSCAPE AND TECHNOLOGICAL EVALUATION OF DISUSED QUARRIES AND DETRITUS AREAS IN ORDER TO THEIR OPTIMISATION IN THE BYELORUSSIAN SSR

V. Prokopenia, V. Yazukhno

#### Summary

The excavation of clay, sand and gravel cause less harm to the natural environment in the Byelorussian SSR than does the excavation of chalk. The possibilities for the recultivation of those quarries depend on numerous factors. To ensure the rational use of such lands the plans for their recultivation should be drawn up before work in the pits is started.

## **ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**С. А. Хомич**

Институт геохимии и геофизики АН БССР

Водохозяйственная рекультивация наряду с сельскохозяйственной занимает все более значительное место в системе мероприятий по оптимизации нарушенных промышленностью земель. Этот рентабельный, экономически эффективный вид рекультивации получает все более широкое распространение в практике восстановления земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых открытым способом. Более того, в ряде случаев при значительных объемах извлеченного сырья и малой мощности вскрышных пород водохозяйственная рекультивация является единственным технологически обеспеченным видом рекультивации. Как известно, цель и практический итог водохозяйственной рекультивации состоят в создании искусственных карьерных водоемов, используемых для рыборазведения, орошения, аккумуляции промышленных и сельскохозяйственных стоков, рекреации. Формирование карьерных водоемов осуществляется путем заполнения карьерных выемок, образованных при открытой добыче нерудных полезных ископаемых, грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками.

На территории Белоруссии карьерные водоемы генетически связаны с отработанными месторождениями глин, песков, песчано-гравийных и карбонатных (мел, доломит) материалов. Из числа стоящих на балансе месторождений обводнено и пригодно для водохозяйственной рекультивации 24% месторождений песков и гравия 74% месторождений глин и 87% месторождений карбонатного сырья. Приведенные данные свидетельствуют о значительности фонда водохозяйственной рекультивации на территории республики. Это обстоятельство, а также задача научного обеспечения работ по созданию устойчивых, экологически сбалансированных, способных длительное время выполнять свои природные и хозяйственные функции карьерных водоемов, побуж-

дили приступить к детальному изучению существующих объектов водохозяйственной рекультивации.

Общая программа научного обеспечения устойчивого существования новообразованных карьерных водоемов должна включать, на наш взгляд, два основных направления: 1) изучение существующих карьерных водоемов как лимнических систем и 2) изучение перспективных объектов водохозяйственной рекультивации. Исследования первого направления ориентированы на изучение морфологии котловин, условий питания, физико-химических свойств водной массы биопродукционных процессов, донных отложений, особенностей водосборов и должны завершаться их типизацией по совокупности исследованных характеристик (по состоянию и условиям функционирования). Содержание второго направления исследований должно составлять изучение параметров исходного ненарушенного ландшафта, а также возникшего на его месте в процессе эксплуатации месторождения техногенного карьерно-отвального комплекса. В качестве предмета изучения при этом выступают орографические, литологические, гидрогеологические и гидрохимические особенности природных ландшафтов, местные естественные водоемы как возможные аналоги будущих искусственных аквальных систем. В пределах карьерно-отвального комплекса исследуется топографический рисунок, условия дренирования, состав грунтосмесей и карьерных вод, выясняется характер его связей с соприкасающимися ненарушенными геосистемами. Итогом исследования этого направления должна стать типизация объектов перспективной водохозяйственной рекультивации. Оба рассматриваемых направления призваны обеспечить необходимой информацией третий блок — блок управления, назначение которого генерировать (на основе синтеза) конкретные рекомендации по управлению природно-техногенными системами карьерных водоемов на этапах создания и функционирования. В их числе предложения по формированию ложа, береговой линии, склонов котловин, организации водосборов, по включению проектируемого карьерного водоема в местную гидрографическую сеть, а также указания по организации малого водосбора, отведению стоков, формированию биологических барьеров для ранее созданных карьерных водоемов.

Такова в общих чертах намеченная нами система подходов и содержание программы исследований. В ходе ее реализации в качестве первоочередных были выдвинуты вопросы: о сходстве и отличии карьерных водоемов и естественных лимнических систем; о специфике новообразованных карьерных водоемов и их водосборов, обусловленной техногенным происхождением, и наконец, о том, в какой степени с учетом генезиса и функционального назначения карьерных водоемов необходимо и возможно управление этими рукотворными, природно-техногенными системами?

Проведенные в течение 1981—1985 гг. исследования белорус-

ских карьерных водоемов свидетельствуют о том, что по своим свойствам они приближаются к водным образованиям озерного типа. Как и природным лимническим системам, им свойственны, во-первых, замедленный водообмен, в результате которого водная масса, находясь определенное время в котловине, претерпевает существенные изменения и приобретает свойства, отличающие ее от поступающих в водоем вод поверхностного стока и атмосферных осадков; во-вторых, аккумуляция и преобразование в результате замедленного водообмена подавляющей части поступающих в процессе стока элементов, а также вещества, возникшего в самом водоеме в результате жизнедеятельности водных организмов и гидрохимических превращений.

Морфологические характеристики исследуемых водоемов отличаются значительным разнообразием — площади достигают 150 га, глубины варьируют в пределах от 2,0 до 25,0 м, что также соответствует диапазону изменения глубин естественных озерных водоемов региона [3].

Водное питание карьерных водоемов обеспечивается, как уже было сказано выше, вскрытыми при добыче грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками. При различном долевом участии названных источников питания преобладает поступление грунтовых вод, обеспечивающее относительную стабильность уровней воды в большинстве карьерных водоемов. Отсутствие необходимости в постоянном регулировании уровней режимов карьерных водоемов — еще одно свидетельство об их сходстве с естественными озерами.

Замедленный водообмен, морфометрическое пособие, генетическое единство источников питания карьерных водоемов и естественных озер обусловили сходство и других лимнических характеристик: режима температуры и растворенных газов, некоторых физических свойств, химического состава воды и направленности биологических процессов.

Следует, однако, отметить, что являясь водоемами озерного типа, обводненные карьеры обладают и рядом специфических черт, обусловленных, главным образом, их техногенной природой и молодостью — возраст карьерных водоемов не превышает, как правило, 20 лет. К числу таких черт относятся невыработанность ложа и берегов карьерных водоемов, небольшая мощность донных отложений. В карьерных водоемах Белоруссии еще не сформирована окончательно продукционно-функциональная структура, обеспечивающая их устойчивость по отношению к различным внешним воздействиям и тем более — воздействиям антропогенным. Эта особенность карьерных водоемов усугубляется в ряде случаев также их незначительными размерами и, следовательно, слабыми инерционными свойствами небольших объемов водных масс.

Кроме того, большинство водосборов карьерных водоемов

сразу же после своего образования попадают в сферу интенсивной хозяйственной деятельности, обуславливающей поступление эвтрофирующих веществ в новообразованные водоемы.

Исходное генетическое своеобразие котловин, с одной стороны, и принадлежность карьерных водоемов к развивающимся лимническим системам, с другой, определяют необходимость и возможность управления новообразованными аквальными системами.

Таким образом, уже на этапе превращения отработанного карьера в котловину будущего водоема можно рекомендовать технически возможные, экономически и экологически обоснованные мероприятия по созданию аквальной системы. Подготовка котловины и впадины искусственного водоема, дноуглубительные работы, отсыпка литорали, выравнивание береговой линии — все это с учетом присущих лимническим системам зависимостей призвано способствовать становлению продукционно-функциональной структуры карьерного водоема. Открывается возможность направлять новообразованные водоемы по одному из присущих естественным озерам путей развития — макрофитному или фитопланктонному [1], предопределив тем самым качество воды в нем, устойчивость к антропогенному эвтрофированию и в конечном итоге длительности существования водоема.

Реальность сказанного подтверждается результатами исследований, выполняемых на различных по морфометрическим показателям карьерных водоемах, которые в настоящее время развиваются не только как фитопланктонные, но и как потенциально-макрофитные водоемы.

Другим эффективным способом управления системами карьерных водоемов является технически возможная целенаправленная организация водосборов, их размерности, дренированности, характера использования и т. д.

Эти и другие возможные способы управления призваны обеспечить создание устойчивых сбалансированных аквальных систем, способных к выполнению природных и хозяйственных функций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Покровская Т. Н., Миронова Н. Я., Шилькрот Т. С. Макрофитные озера и их эвтрофирование. — М.: Наука, 1983. — 148 с.
2. Хомич А. А., Прокопеня В. А., Хомич С. А. Карьерные водоемы Белоруссии как объект лимнологических исследований // История озер в СССР: Тез. докл. VI Всесоюз. совещания. — Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1983. — С. 195.
3. Якушко О. Ф. Озероведение. География озер Белоруссии. — Минск: Вышейш. шк., 1981. — 223 с.

# **LIMNOLOGICAL ASPECT OF HYDRO-ECONOMICAL RECOLTIVATION OF DISTURBED AREAS**

S. Khomich

## **S u m m a r y**

In the Byelorussian SSR the depleted quarries of such mineral resources as clay, sand and limestone gradually become filled with water, which prevents the afforestation or cultivation of these areas. But if we level the bottom of such quarries, strighten their shoreline and cover the bottom with earth, the resulting artificial water-bodies can be used for breeding fish.



## **ВЛИЯНИЕ АПАТИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА РАЗВИТИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХИБИНАХ**

**Л. М. Воробьева, Л. Б. Исаченкова**

Московский государственный университет

Хибины являются крупным горнодобывающим районом. Здесь с начала тридцатых годов ведется разработка месторождения апатита. До конца двадцатого века хибинские апатиты будут оставаться основным фосфорным сырьем в нашей стране. Экономически целесообразно на месте производить обогащение апатитовых руд, содержащих от 10 до 25%  $P_2O_5$ . В настоящее время в районе действуют три обогатительные апатито-нефелиновые фабрики, продуктом которых является апатитовый концентрат, содержащий 39,5%  $P_2O_5$ .

Оба цикла апатитового производства: разработка и обогащение руд сопровождаются значительными механическими нарушениями окружающей территории. Применение преимущественно открытого способа добычи апатитовой руды привело к возникновению в горах техногенных форм рельефа: отрицательных — карьеры и положительных — отвалы «пустой» породы. С обогатительным производством связано появление техногенных положительных элементов рельефа — хвостохранилищ, с общей площадью в 14 км<sup>2</sup>.

Механическое уничтожение природных систем — «съедание» их карьерами и захоронение под отвалами и хвостохранилищами — это лишь одна сторона воздействия апатитового производства на окружающую среду. Другой стороной этого воздействия является развитие вторичных процессов, спровоцированных техногенезом.

Во-первых, это совокупность вторичных геоморфологических процессов.

Для орографии Хибин характерны столовая форма их вершинных поверхностей и крутые склоны. Существенная доля кру-

тых склонов в общей площади массива (54%), отсутствие древесной растительности на высотах более 600 метров обуславливает активное развитие в Хибинах склоновых процессов: обвалов и осыпей. Климатические условия Хибин: обильные осадки и высокая влажность воздуха способствуют возникновению склоновых селей и оползней.

Техногенная отсыпка «пустой» щебнисто-глыбовой породы, наиболее часто происходящая на крутых склонах, активизирует склоновые процессы в горах. Места отвалов выделяются интенсивным развитием вторичных форм техногенного рельефа: склоновых шлейфов, курумов, каменных глетчеров, селевых траншей и конусов выноса оползневых тел. Другую совокупность вторичных процессов составляют геохимические реакции, возникающие в природных ландшафтах при вовлечении техногенного вещества в природные геохимические процессы.

Техногенные потоки вещества, возникающие от отвалов и хвостохранилищ, наследуют черты химизма пород, слагающих Хибинский массив, — нефелиновых сиенитов и апатитовой породы. Им свойственна щелочная реакция, повышенное по сравнению с кларком литосферы содержание натрия, калия, алюминия, фосфора, фтора, хлора. Вместе с тем техногенные потоки отличаются по геохимическим параметрам от свойств вмещающих их природных ландшафтов. Геохимические свойства ландшафтов Хибин и прилегающих равнин обусловлены кислым составом рыхлых четвертичных отложений ледникового генезиса, перекрывающих коренные породы, и в главной мере особенностями северотаёжного типа биологического круговорота элементов. Эти ландшафты характеризуются кислой окислительной, окислительной — периодически восстановительной обстановкой, ненасыщенностью почв, высокой подвижностью в кислой среде железа и алюминия.

Одним из важных аспектов общей проблемы геохимического воздействия апатитового производства на природу является проблема геохимического влияния хвостохранилищ на наземные и водные ландшафты прилегающих равнинных территорий. Это связано с высокой геохимической активностью вещества хвостохранилищ. Тонкоизмельченные, пылевато-песчаные хвосты и сточные воды обогащательного производства активно вовлекаются в природные миграционные потоки: воздушный, водный, механический.

Пыление хвостохранилищ — интенсивно протекающий процесс. Проведенное нами исследование снежного покрова показало, что поступление пыли на поверхность земли за зимний период вблизи хвостохранилищ на один—два порядка превышает количество пыли, оседающей в фоновых районах. Изменения в химическом составе снеговых вод менее существенны, что, очевидно, связано со слабой растворимостью техногенной пыли. В

связи с этим значения рН возросли с 3,9 — 4,2 в фоновых районах до 4,8 вблизи хвостохранилищ, а состав вод из сульфатно-кальциево-магниевый превратился в сульфатно-кальциево-натриевый, при общем увеличении суммы ионов от 15 до 20 — 22 мг/л.

Поступление больших количеств техногенной пыли в природные системы вызывает вторичные геохимические реакции. Равнинные территории, окружающие хвостохранилища, покрыты еловыми и сосновыми лесами, развитыми на иллювиально-гумусовых и железисто-гумусовых подзолах. Сравнительное изучение некоторых химических свойств этих почв в фоновых условиях и вблизи хвостохранилищ показало, что при атмосферном поступлении техногенной пыли на поверхность почвы возрастает в грубогумусовых горизонтах значение водного и солевого рН; рН водный изменяется от 4,6 в фоновых районах до 5,8 вблизи хвостохранилища, а рН солевой от 3,9 до 4,75 соответственно. Происходят изменения в составе почвенного поглощающего комплекса органо-генных горизонтов: увеличивается содержание натрия в составе поглощенных катионов при одновременном уменьшении количества поглощенных алюминия и водорода (табл. 1). Возрастает содержание оксалатно-растворимых форм алюминия, железа и кремния в грубогумусовом ( $A_0$ ) и иллювиальных ( $B_1, B_2$ ) горизонтах, что свидетельствует об активном вовлечении техногенных

Таблица 1

Изменение некоторых химических свойств иллювиально-гумусовых подзолов при загрязнении их пылью от хвостохранилищ

Гори- зонт	Глубина	Водный рН	Соле- вой	Поглощенные катионы мг-экв/ГОО г почвы		
				Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>
разрез 201 (в 0,2 км от хвостохранилища)						
A' <sub>0</sub>	0—10	5,80	4,75	3,32	77,83	0,30
A'' <sub>0</sub>	10—16	4,95	3,20	5,52	77,83	1,86
A <sub>2</sub>	16—22	4,10	3,10	0,24	4,81	0,18
B <sub>1</sub>	22—26	4,50	3,80	0,28	8,80	1,60
B <sub>2</sub>	26—42	4,90	3,55	0,28	2,38	0,41
BC	42—80	4,60	3,55	0,36	2,15	0,38
разрез 203 (в 1,0 от хвостохранилища)						
A' <sub>0</sub>	0—8	4,65	3,90	1,51	86,05	4,98
A'' <sub>0</sub>	8—13	4,30	3,30	2,10	82,96	4,56
A <sub>2</sub>	13—18	4,30	3,30	0,20	5,20	0,35
B <sub>1</sub>	18—36	4,50	3,85	1,19	7,92	0,85
B <sub>2</sub>	36—48	4,60	4,35	0,17	3,01	0,56
BC	48—85	4,70	4,35	0,18	2,48	0,36

Изменение содержания оксидно-растворимых форм железа, алюминия, кремнезема в иллювиально-гумусовых подзолах при запылении от хвостохранилища

Горизонт	Глубина	В %-х от абсолютно сухой почвы		
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>

разрез 201 (в 0,2 км от хвостохранилища)

A' <sub>0</sub>	0—10	1,35	6,09	7,66
A <sub>0</sub> ''	10—16	0,3	0,4	0,4
A <sub>2</sub>	16—22	0,06	0,1	0,5
B <sub>1</sub>	22—26	2,3	2,2	0,8
B <sub>2</sub>	26—42	1,2	1,1	1,2
BC	42—80	0,3	0,5	1,2

разрез 203 (в 1,0 км от хвостохранилища)

A' <sub>0</sub>	0—8	0,5	1,2	0,9
A <sub>0</sub> ''	8—13	0,25	0,5	0,4
A <sub>2</sub>	13—18	0,04	0,08	0,3
B <sub>1</sub>	18—36	1,5	1,6	0,9
B <sub>2</sub>	36—48	0,4	1,1	1,3
BC	48—85	0,3	0,4	0,7

форм этих элементов в почвенный альфегумусовый процесс и усилении его интенсивности (табл. 2).

Сточные воды обогатительных фабрик, транспортируемые на хвостохранилища для отстоя от механической взвеси и затем сбрасываемые в водные системы реки Черной и озера Имандра, обладают химическими свойствами существенно отличными от свойств природных вод этого района. В то время как природные воды имеют слабоокислую реакцию и гидрокарбонатно-кальциевый состав с суммой ионов равной 25—45 мг/л, технологические воды характеризуются слабощелочной реакцией, гидрокарбонатно-натриевым составом с повышенным содержанием ионов хлора, калия, кремния и суммой ионов, достигающей 350—400 мг/л. Кроме того, сточные воды содержат большое количество рудной взвеси коллоидной дисперсности (250 мг/л), от которой не удается освободиться даже при отстое вод в течение года [1]. Изменение физико-химических свойств вод реки Черной и озера Имандра, вызванное сбросом сточных вод, приводит, как показали работы лаборатории охраны природы Кольского филиала АН СССР [2], к трансформации экологических условий и, как следствие, к нарушению биологического равновесия в этих водных системах.

Предотвращение катастрофических явлений в горах, вызванных перемещением незакрепленного грубообломочного материа-

ла отвалов, развевание хвостов, развитие процессов плоскостной и линейной эрозии на оголенных склонах хвостохранилищ, прекращение сброса сточных вод в местные водоемы путем перевода обогатительных фабрик на оборотное водоснабжение, — таковы основные природоохранные проблемы, стоящие в Хибинском горнодобывающем районе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зенина Т. А. Оптимизация водопользования (на примере водосбора оз. Имандра) // Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. — Апатиты: Изд-во АН СССР, 1982. — С. 24—32.
2. Кайтмазов В. А., Гушин В. В. Влияние цехов производственного объединения «Апатит» на озеро Имандра сегодня и завтра // Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. — Апатиты: Изд-во АН СССР, 1982. — С. 32—36.

### INFLUENCE OF APATITE MINING ON THE DEVELOPMENT OF GEOMORPHOLOGICAL AND LANDSCAPE-GEOCHEMICAL PROCESSES IN THE HIBINAS

L. Vorobyova, L. Isachenkova

#### Summary

The most important problems in this mining region are the changes in the geomorphic and geochemical peculiarities of its landscapes resulting from the mining and the concentration of the apatite ore. Interesting information has been obtained on the influence of technogenous litho- and hydrogeochemical migration from the repository on illuvial humus-podzolic soils. The authors reach the conclusion that the increase in the intensity of the Al-Fe-humus processes in the region under investigation is caused by the technogenous impact on the active geochemical reactions in the landscape systems. The knowledge of these reactions is vital for planning the necessary measures for environmental protection.

## **СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМ ПРИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ И ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

**А. Г. Воронов, Е. И. Голубева, А. В. Маркелов, Н. Я. Минеева, И. А. Соболев**

Московский государственный университет,  
Московское научно-производственное объединение «Радон»

Одной из проблем рационального природопользования является устранение отходов производства, загрязняющих среду. В качестве особого вида отходов выделяются радиоактивные, требующие тщательного обезвреживания и захоронения в специальных пунктах, в которых обеспечивается надежная изоляция захороненных отходов.

На предприятии «Радон» действует система дозиметрического контроля, осуществляющая слежение за тем, чтобы радиационная нагрузка на работающих на предприятии людей, на производственные помещения и на компоненты природной среды не превышала установленных параметров.

Научно-производственное объединение «Радон» осуществляет весь комплекс работ, связанных с устранением радиоактивных отходов среднего и низкого уровней активности: сбор, транспортировку, переработку и захоронение. Переработанные отходы захороняются, территория захоронения находится под контролем службы радиационной безопасности и выделяется в качестве контролируемой зоны. Вокруг контролируемой зоны на площади радиусом 2 км создается санитарно-защитная или буферная зона, а на территории радиусом 7 км располагается зона наблюдения. Эти зоны также подвергаются контролю [1].

Одним из важнейших аспектов при организации предприятий по захоронению радиоактивных отходов представляется учет возможности участия радионуклидов в природных процессах. На МосНПО «Радон» надежность изоляции радиоактивных отходов обеспечивается слабопроницаемыми обладающими высокой сорбционной емкостью моренными суглинками, образующими мощ-

ный барьер подстилающих пород, отделяющих захоронение от водоносного горизонта.

Мониторинг природных систем, процессов и явлений в условиях постоянного поступления радионуклидов предполагает, в первую очередь, ограничение ареалов рассеяния радионуклидов, определение путей поступления и выхода последних из геосистемы, т.е. выявление полей миграции и установление системы контроля на «выходе».

На «Радоне» существует несколько возможных путей поступления радионуклидов в биосферу: постоянный лимитированный выброс в атмосферу через трубы, вынос талыми водами и осадками, омывающими емкости с захороненными отходами, сброс с водой, очищенной до допустимых концентраций, случайное распыление при загрузке емкостей, вынос на поверхность корнями растений и животными-землероями [2].

Основные пути поступления радионуклидов в экосистемы — осаждение аэрозолей из труб, водные потоки. В наших широтах ареал рассеяния выбросов предприятия достаточно четко определяется по гидрохимическому и изотопному составу снеговой толщи. Устойчивый снежный покров длительное время в течение года является идеальной приемной поверхностью для различных частиц и элементов, осаждающихся из аэрозолей. Кроме того, в лесных сообществах снег со всеми накопленными на нем элементами представляет также источник поступления их в биологический круговорот, а талая снеговая вода — основное транспортное средство при перемещении и перераспределении химических элементов и радионуклидов по компонентам биогеоценоза [3].

Снегомерная съемка, проведенная при осуществлении геосистемного мониторинга, позволила определить ареал выбросов предприятия (рис. 1). Гидрохимический анализ снеговой воды показал, что при низкой в целом минерализации осадков распределение основных ионов в снеговой воде санитарно-защитной (буферной) зоны также обусловлено выбросами предприятия, т.е. в ареале рассеяния выбросов повышена концентрация «морских» ионов: хлоридов, Mg, Na, в то время как содержание типоморфных ионов — гидрокарбонат-иона, сульфатов повышено в западном и юго-западном секторах, где влияние предприятия не отмечено. Характерной особенностью распределения солей в снеговой толще буферной зоны является повышение их концентрации на периферии, где отмечены и наиболее кислые осадки с pH менее 6,5.

Иными словами, по направлению господствующих ветров по периферии ареала рассеяния выбросов происходит аккумуляция химических элементов. На основании этой снегомерной съемки разработана оптимальная схема мониторинга «Радона».

Мониторинг предполагает не только контроль за отклонением

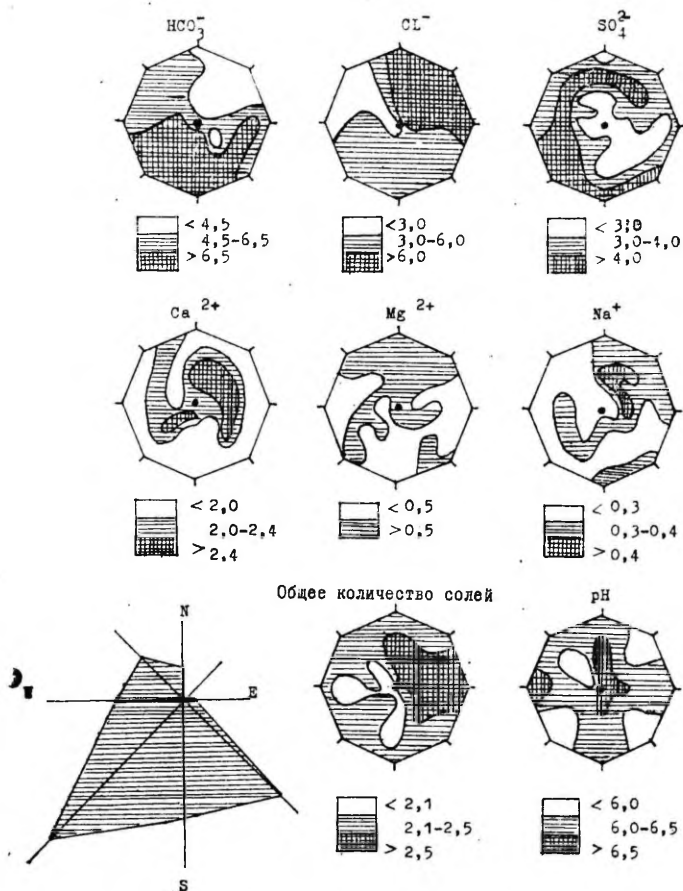


Рис. 1. Пространственное распределение концентраций основных ионов, pH, общей минерализации снеговой воды в санитарно-защитной зоне; роза ветров.

от нормы, то есть не только исследование локализации и концентрации радиоактивных и других видов загрязнения, но и использование природного потенциала для самоочищения. С этой целью был проведен комплекс исследований различных компонентов экосистем.

Обследование растений на трех типах хранилищ радиоактивных отходов и в лесном сообществе выявило неодинаковую концентрацию радионуклидов в исходных субстратах и, соответственно, различную реакцию разных видов растений. Реакция растений на радионуклиды оценивалась по накопительной спо-



способности как всего растения в целом, так и его отдельных частей [4].

Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в растении происходит по-разному: наибольшая в корнях, наименьшая в листьях. Так, у яснотки крапчатой коэффициент накопления в корнях в 1,5 раза выше, чем в надземной части. Концентрация этого же радионуклида в почве лесного сообщества в 20—30 раз меньше, чем в глинистых грунтах контролируемой зоны. Отдельные виды растений содержат в своих надземных и подземных органах значительно больше радионуклидов, чем в исходном субстрате, то есть являются активными накопителями и могут использоваться, с одной стороны, в качестве индикаторов состояния природной среды (по отношению к данному виду загрязнений), а с другой — для технологического решения проблемы биологической очистки грунта от радионуклидов. В исследованных типах хранилищ в качестве основных накопителей можно выделить крапиву двудомную, мать-мачеху обыкновенную, клевер гибридный, полынь обыкновенную. Эти виды в настоящее время используются как тест-объекты при радиационном контроле.

Хорошо проявили себя в качестве индикаторов моллюски-прудовики (для оценки качества воды), дафнии (для биотестирования сточных вод), водные растения (для радиационного контроля водоемов), сфагновые мхи (для оценки радиационной нагрузки в воздушной среде).

Так, использование моллюсков-прудовиков в радиационном контроле надежно потому, что они, во-первых, легко распознаваемые объекты, во-вторых, реакция моллюсков на нагрузки хорошо выражена: у них изменяются окраска и репродуктивные особенности. Среди водных растений изучен хорошо определяемый вид — элодея канадская, который хорошо зарекомендовал себя в качестве специфического накопителя радионуклидов. В условиях «Радона» этот индикатор, внедренный в отстойник, после трех месяцев работы показал высокие коэффициенты накопления для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ . Поскольку известно, что  $^{60}\text{Co}$  находится в воде во взвешенном состоянии, понятен и высокий уровень его сорбции элодеей при отсутствии его в пробах воды и ила.

Исходя из того, что накопительная способность у живых организмов существует и особенно ярко проявляет себя в местах интенсивного природопользования, то эту способность растений, животных и экосистем в целом надо использовать и разумно направлять.

Уже сегодня эта способность используется для индикации загрязнения, для радиационного контроля, для создания биологических барьеров путем концентрации в них вредных веществ, что способствует очищению окружающей среды: воды, почвы, воздуха.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев И. А., Хомчик Л. М. Обезвреживание радиоактивных отходов на централизованных пунктах. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 123 с.
2. Алексахин Р. М., Нарышкин М. А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. — М.: Наука, 1974. — 141 с.
3. Голубева Е. И., Маркелов А. В., Минеева Н. Я. и др. Снежный покров как показатель радиационной нагрузки на биогеоценозы // Влияние промышленности на окружающую среду. — М.: Наука, 1984. — С. 89—91.
4. Соболев И. А., Хомчик Л. М., Тимофеев Е. М. и др. Особенности распределения радионуклидов в растениях на станции обезвреживания и захоронения радиоактивных отходов // Радиоэкология почвенных животных. — М.: Наука, 1985. — С. 106—113.

## THE STATE OF SOME ECOSYSTEM COMPONENTS AFFECTED BY RENDERING HARMLESS AND BURYING RADIOACTIVE WASTE

A. Voronov, E. Golubeva, A. Markelov, N. Mineyeva, I. Sobolev

### Summary

The paper deals with a number of problems arising from rendering harmless and burying radioactive waste products. The authors have investigated the ways in which radionuclides penetrate into the biosphere and ecosystems. The results of a survey of snow measurements reflect the peculiarities of the distribution of salts at different depths in the snow cover and the pH of the settling.

Also the reaction of plants to the concentration of radionuclides in soils has been studied. It differs in the case of different plant species. Even the accumulating ability of various parts of one and the same plant differs. This allows us to use certain plant species as indicators of the state of the environment and will help us to find a technological solution to the problem of clearing biological substrates of radionuclides.

## **ОПЫТ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ**

**(на примере ряда капиталистических стран)**

**Е. Г. Петрова, Л. А. Семенова**

Московский государственный университет

Горнодобывающая промышленность относится к числу отраслей, воздействие которых на природу наиболее зримо. Добыча любого полезного ископаемого в больших масштабах вызывает серьезные нарушения естественных ландшафтов, изымает из хозяйственного оборота ценные в сельско-, лесохозяйственном или рекреационном отношении земли, сокращает площади территорий, пригодных для строительства жилья, промышленных предприятий, транспортных путей. Особенно сильное влияние на природные ландшафты оказывает разработка полезных ископаемых открытым, карьерным способом.

В США площадь земель, поврежденных открытыми горными разработками, превышает 2 млн. га, ежегодно возрастаая на 80 тыс. га [11, с. 154].

В Великобритании, стране с относительно небольшой территорией, разработками каменного угля (ведущимися в 9 бассейнах), железной руды, разнообразных строительных материалов нарушено более 80 тыс. га земель, и прирост их составляет около 2 тыс. га в год. При этом плотность нарушений достигает в Ланкашире 7,3 га/1000 га, на севере Англии — 4,3, в Западном Мидленде — 4,0 [14].

В ФРГ наиболее сильное вмешательство в природу имеет место в районе Нижнерейнского бурогоугольного бассейна — крупнейшего в Европе месторождения этого вида сырья, занимающего территорию около 2,5 тыс. км<sup>2</sup>. До 99% угля добывается в ФРГ открытым способом с глубины до 300 м, площадь нарушенных земель — порядка 20 тыс. га [7, с. 83—84]. Добычей строительных материалов в ФРГ повреждается 7—10 тыс. га земель в год [7, с. 87—89].

Быстрый рост и расширение масштабов горных разработок в развитых капиталистических странах, часто в ущерб другим видам использования земель, делают особенно актуальной проблему восстановления полезных природных свойств территории — рекультивации ландшафтов. В условиях капитализма, при господстве частной собственности на землю, эта проблема обостряется сильной конкуренцией различных землепользователей, конфликтным столкновением их интересов, прежде всего в густонаселенных районах с высокой концентрацией экономической деятельности.

Принятые в отдельных капиталистических странах определения понятия «нарушенных земель» несколько различаются, но суть их сводится к следующему: к нарушенным землям относятся территории, настолько поврежденные добывающей промышленностью или другими видами производств, что рентабельное использование их невозможно без проведения специальных мероприятий. Это определение близко к трактовке нарушенных земель в нашей стране.

Конечной целью рекультивации является создание «оптимального ландшафта», под которым в зарубежной литературе понимается такая форма организации территории, которая позволяет не только обеспечить максимальную продуктивность земельных угодий, но и удовлетворить рекреационные, эстетические, санитарно-гигиенические и другие требования к природной среде.

Основанием для проведения рекультивационных работ служат специальные законы. В США в конце 30-х гг. в 7 штатах, где нарушения земель были особенно значительны, были приняты законы о рекультивации. Федеральный закон о восстановлении земель, нарушенных открытыми горными разработками, вступил в силу только в 1977 г. Закон предусматривает выравнивание поверхности, восстановление гидрологического режима, растительности, продуктивности ландшафтов, контроль за состоянием рекультивационных участков (в течение 5—10 лет в зависимости от условий увлажнения территории). Конкретные планы рекультивации разрабатываются и осуществляются местными органами власти. Средства на рекультивацию отчисляются горнодобывающими фирмами в централизованный фонд (например, с 1 т угля при открытых разработках — 35 центов, подземных — 15 центов) [11, с. 156].

В Канаде законодательство по рекультивации земель действует с 1963 г.; сроки возвращения земель в хозяйственное использование, которое проводится горнодобывающей фирмой, установлены в 5 лет.

В Великобритании первые попытки рекультивации земель были предприняты в конце XIX в. в городах «Черной страны» в Мидленде, где на месте прежней добычи угля и руды было создано 5 общественных парков. Однако проблема нарушенных зе-

мель оставалась нерешенной без законодательного и финансового регулирования государством. В 1942 г. был принят закон о восстановлении земель после открытой добычи угля, в 1951 г. — железной руды. Первый предусматривал проведение рекультивационных работ Национальным угольным правлением, второй — горнодобывающей фирмой, частично за счет собственных средств, частично — средств фонда рекультивации (образуемого путем обложения налогом добываемой руды, 75% которого выплачивается фирмой, 25% — государством). В 1966 г. законодательно были расширены права местных властей по контролю за рекультивацией земель и одновременно введены государственные дотации в размере 50—75% стоимости работ; с 1975 г. для депрессивных районов их размер был установлен в 100% [14].

В ФРГ до сих пор не принят единый закон, который предписывал бы обязательное восстановление промышленными компаниями нарушаемых ими земель. В планы развития земель и отдельных административных районов работы по рекультивации стали включаться лишь с начала 70-х годов. В земле Гессен они составляются при непосредственном участии Управления водного хозяйства, органов охраны природы и других правительственных и специальных служб и предполагают осуществление рекультивации не только на государственных, но и на территориях частного владения. В земле Северный Рейн-Вестфалия, где особенно велики масштабы различного рода горнопромышленных разработок, рекультивационные работы регулируются распоряжением Министерства продовольствия, сельского и лесного хозяйства земли, устанавливающим необходимость восстановления на рекультивируемых территориях не только почвенного и растительного покрова, но и естественных водотоков, а также создания дренажной системы, обеспечивающей быстрый сброс ливневых и паводковых вод [4]. Отсутствие общегосударственного законодательства о рекультивации отрицательно сказывается на темпах ее проведения. Так, из 16 тыс. га, нарушенных разработками бурого угля в Нижнерейнском бассейне до 1972 г., было рекультивировано и занято под зеленые насаждения лишь около 5 тыс. га, еще 5 тыс. га использованы под строительство дорог, поселений и промышленных предприятий. Из 96 отработанных шахт в Рурском каменноугольном бассейне по состоянию на середину 70-х годов территории только 17 использовались на 60% и более, 25 — на 30—60%, 26 — на 30%, а 28 — не использовались вовсе [1].

Во Франции с 1970 г. регламентируется рекультивация карьеров, нарушенных добывающей промышленностью. При этом восстановительные работы проводятся фирмой, осуществляющей разработки полезных ископаемых, а последующее использование земель — владельцами участков. Нечеткое распределение обязанностей сторон приводит нередко к конфликтным ситуациям.

Рекультивация нарушенных земель осуществляется, как пра-

вило, в два этапа — технической и биологической рекультивации. В зависимости от целей последующего использования рекультивируемых участков их восстановление может вестись по таким направлениям, как 1) сельскохозяйственное, 2) лесохозяйственное; 3) водохозяйственное; 4) озеленительное и санитарно-гигиеническое; 5) рекреационное; 6) подготовка земель для жилищного, промышленного и транспортного строительства. Выбор того или иного направления рекультивационных работ определяется как природными (степень и характер нарушения ландшафтов, физический и химический состав грунтов, особенности гидрологического режима и т.п.), так и социально-экономическими (задачи экономических планов развития районов, уровень урбанизации, возможности финансирования и др.) факторами.

Наиболее дорогостоящим является технический этап рекультивации. Например, в ФРГ затраты на техническую рекультивацию составляют около 42% от общих рекультивационных расходов, биологическую — до 20%, водотехническую — 32% [5]. Поэтому важно уже в период изысканий для горных разработок учитывать задачу последующего восстановления земель, что позволяет оптимально организовать вскрышные работы (например, проводить селективное отвалообразование при наличии токсичных пород) и использовать горное оборудование для рекультивации ещё в процессе эксплуатации карьера. Надо отметить, что в развитых капиталистических странах наряду с традиционной горной техникой для восстановления нарушенных земель создается и специальная — мощные драглайны, грейдеры, бульдозеры и др. для удаления камней, рыхления и химической мелиорации.

При сложившейся в ФРГ практике уже в процессе закладки буроугольных карьеров предусматривается их последующая рекультивация. Почвенно-грунтовые горизонты снимаются идушими друг за другом слоями и складываются так, чтобы после выработки карьера вновь заполнить образовавшиеся пустоты в той же последовательности. Составной частью горнотехнических работ здесь является перемещение плодородных лёссовых пород на расстояния до 30 км при помощи ленточных отвалообразователей или гидроспособом. В последнем случае лёсс смешивается с водой в соотношении 1:1 и подается по трубопроводам на поля; после просачивания и испарения воды на поверхности остается карбонатный слой плодородной почвы [7, с. 85—87].

В начальной фазе разработки карьера нет возможности складировать вскрышные породы в самом карьере, что ведет к образованию внешних отвалов. Эти искусственные возвышения, как и сами засыпанные карьеры, впоследствии подвергаются рекультивации и представляют собой в настоящее время наиболее вы-

сокие точки рельефа в таких административных районах ФРГ, как Кёльн, Бергхайм и Гревенбройх.

Мощность почвенного слоя, наносимого на подготовленную поверхность, зависит от подстилающих пород, целей рекультивации, высаживаемых видов растений. При рекультивации земель Нижнерейнского буроугольного бассейна используют два типа характерных для этого района лёссовых почв: бурые лесные почвы на лёссовидных суглинках и слегка деградированные бурые лесные почвы также на лёссовидных суглинках. На первых проводится главным образом сельскохозяйственная рекультивация, на вторых — лесохозяйственная. При рекультивации в северной зоне разработок (район Бергхайм — Гревенбройх) мощность почвенной засыпки составляет 2 м, в южной зоне (Хоррем — Фрехен — Брюль) — 1 м. В период первоначального хозяйственного использования восстановленных земель до передачи их фермерам, продолжающегося обычно 5 лет, наиболее целесообразным оказался следующий порядок чередования сельскохозяйственных культур: люцерна (2 года) — озимая пшеница — озимая рожь — яровые культуры или сахарная свекла (по 1 году) [13].

Во Франции на выровненных гравийных карьерах создавали слой почвы в 0,3—0,5 м для травянистых и кустарниковых растений, 0,6 м — для березы и некоторых видов сосны, 2 м — для дуба [15, с. 8].

Исследования в США на карьерах разного типа на севере Великих Равнин показали, что для целей сельскохозяйственного использования оптимальная мощность почвенного слоя, наносимого на потенциально плодородные породы, составляет 0,5 м, на щелочные — 0,7 м, на кислые — 1,5 м (при этом затраты на нанесение слоя почвы мощностью 0,3 м составляли 7,6 тыс. долл./га) [3, с. 16].

Представляют интерес попытки обойтись при рекультивации без дорогостоящего воссоздания почвенного покрова. Так, в США на отвалах угольных пород с повышенной кислотностью ( $\text{pH} = 3,4\text{—}4,2$ ) в районах Аппалачей оказалось возможным выращивание травосмесей при внесении больших доз извести и удобрений (азотных — 112 кг/га, фосфорных — 56 кг/га) [12, с. 41].

В Великобритании при рекультивации глиняных карьеров вместо внесения азотных удобрений проводится подсев бобовых культур. Как показали опыты, люпин за 5 лет дает биомассу более 11 т/га с содержанием азота 930 кг/га; фиксация азота клубеньковыми бактериями при этом составляет 70 кг/га [10, с. 149].

При проведении лесохозяйственной рекультивации практикуется гидропосев на склонах, высев семян с самолета одновременно с удобрениями. Например, в Австралии при рекультивации бокситовых карьеров в районе г. Уэйпа вносилось на 1,4 кг се-

мян 300 кг удобрений [9]. Интересен опыт США по применению на угольных отвалах в Алабаме, Теннесси эктомикоризного гриба, улучшающего приживаемость деревьев (особенно сосны).

В рамках лесохозяйственной рекультивации в районе Нижнего Рейна (ФРГ) за 1918—1972 гг. было посажено более 80 млн. деревьев, в т.ч. около 60 млн. после 1948 г. В 20-е годы сажали преимущественно рябину благодаря ее быстрому росту и разветвленности корневой системы, затем по опыту Нижнелаузицкого бассейна перешли на хвойные породы, в основном на сосну. В послевоенное время рекультивация проводилась посадками на больших площадях тополя и ольхи с целью подготовить бесплодные почвы карьеров для дальнейших насаждений более ценных пород деревьев. Только применение специального грунта (с 1958 г.) — смеси делювиальных песков и гравия с лёссом — слоем 3—5 м позволило непосредственно разводить ценные породы деревьев без предварительного высаживания малоценных. Однако образование насаждений исключительно наиболее ценных пород не всегда возможно. Так, на крутых склонах отвалов создание посадок ольхи, тополя и рябины продиктовано необходимостью предотвращения оползней и эрозии. Примером удачного осуществления лесохозяйственной рекультивации может служить лесно-озерная область между Брюлем и Либларом, где возник привлекательный, разнообразный ландшафт [7, с. 83—84].

На месте старых карьеров часто проводится водохозяйственная рекультивация. Это один из самых дешевых способов восстановления нарушенных земель, позволяющий вместе с тем создавать резервы воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд. Затоплению подвергаются даже карьеры с высокотоксичными грунтами, к которым неприменимы другие способы рекультивации. Наиболее значительным проектом такого типа в ФРГ является создание водохранилища емкостью 2,5 млн. м<sup>3</sup> (современные водохранилища ФРГ вмещают в себя в сумме около 1,8 млн. м<sup>3</sup> воды) в одном из крупных карьеров Нижнерейнского бассейна [7, с. 85—87].

Санитарно-гигиеническая и озеленительная рекультивация проводится для борьбы с водной и ветровой эрозией (главным образом вблизи населенных пунктов) и в целях создания местобитаний для животных, прежде всего таких видов, которым угрожает уничтожение. В этих случаях активно используют самозарастание, ускоряя его обогащением пород минеральными и органическими веществами. Особую трудность представляет восстановление нарушенных земель с токсичными породами. Основное внимание в этих случаях уделяется подбору видов растений. Так, в Канаде при рекультивации территории медно-никелевых рудников в районе Садбери при внесении извести 12 т/га и минеральных удобрений 0,9 т/га с равным соотношением N : P : K хорошие результаты дало использование смеси трав



*Agrostis gigantea* и *Festuca rubra*. На медных рудниках в Аризоне (США) из кустарников лучше всего прижились *Dodonea viscosa* и *Baccharis Saratroides*, из деревьев — *Cercidium macrophyllum* [17].

Важным направлением рекультивации является создание на месте отработанных месторождений зон отдыха и спортивных баз. Для этих целей могут использоваться как территории с водными ресурсами — глубокие затопляемые карьеры (виды использования — рыболовство, водный спорт), так и без них (маршрутный и прогулочный туризм, скалолазание, мото- и велоспорт, теннис, лыжный спорт). Затраты при рекреационном направлении рекультивации в среднем в 3 раза ниже, чем при сельскохозяйственном [6, с. 263].

Примером удачного осуществления рекультивации ландшафта по рекреационному типу может служить рекультивация крупнейшего в Европе доломитового карьера в районе г. Хаген (ФРГ), где вскрышными работами был образован вал размерами  $1500 \times 200 \times 40$  м. Этот вал был превращен в место отдыха жителей Хагена и как «доломитовый ландшафт» стал местной достопримечательностью. Заслуживает внимания и проект создания центра отдыха на 300 тыс. посетителей в год в пойме Верхнего Рейна (ФРГ) на площади 150 га, где в настоящее время расположены карьеры по добыче гравия [2].

В Великобритании целый ряд «водных парков» на месте прежних гравийных разработок создан для удовлетворения жителей Большого Лондона рекреационными ресурсами (Котсуолдский в верховьях Темзы, Торпский близ Стейнса, парки в долинах рек Колн и Ли). Во Франции осуществлен проект сооружения парка и ботанического резервата (площадью 35 га) в долине р. Стангалар (Бретань) с затратами 7 млн. франков [6, с. 263].

В густонаселенных районах с высокой концентрацией промышленности производства территории выработанных карьеров и шахт чаще всего после предварительной подготовки используются для жилищного, промышленного или транспортного строительства.

Так, например, проблема использования территории бывших угольных предприятий очень актуальна для Рура (ФРГ), одного из наиболее плотно заселенных районов Западной Европы (плотность более 500 чел./км<sup>2</sup>). Здесь созданы даже специальные фонды (Grundstückfond Ruhr и др.) для поощрения размещения на пустующих площадях новых предприятий. Стоимость подготовки таких площадей к последующему строительству обычно колеблется от 50 пфеннигов до 10 марок на 1 м<sup>2</sup> [8]. На территории бывших шахт, как правило, размещаются мелкие предприятия, преимущественно сферы услуг. Исключение составляет крупный автомобильный завод «Опель», головное предприятие которого было построено в Бохуме.

Оригинально используются стволы некоторых выработанных шахт: в них встроены в несколько подземных этажей межгородские (на 2—3 города) торговые центры.

Капиталистическими странами накоплен, конечно, богатый опыт по рекультивации разных типов нарушенных земель, представляющий практический интерес. Однако надо подчеркнуть, что проблема нарушенных горнодобывающей промышленностью земель в этих странах далека от своего решения. Затраты на рекультивацию весьма значительны. В США, например, они составляют в зависимости от направления рекультивации и технических условий от 3,7 тыс. до 135,0 тыс. долл./га; в Великобритании средние затраты превышают 3 тыс. ф. ст./га; в ФРГ в Нижнерейнском бассейне затраты на рекультивацию земель по лесохозяйственному типу определяются в 6—7 тыс. марок/га, по сельскохозяйственному — в 12,5—43,8 тыс. марок/га [11, с. 156; 14]. Монополии любыми путями стремятся переложить эти расходы на плечи государства, а основным стимулом к восстановлению поврежденных ландшафтов нередко служит государственная финансовая помощь. Так, в Великобритании к 1978 г. было рекультивировано 75% площади нарушенных земель, зарегистрированных в 1968 г., из них более 70% — за счет государственных дотаций [14]. Зависимость проведения восстановительных работ от заинтересованности предпринимателей в том или ином участке земли, от рыночной стоимости земли и т.п. препятствуют последовательному осуществлению этих работ, борьбе по предотвращению деградации природных ландшафтов, так как многие карьеры вообще не подвергаются рекультивации, а используются для складирования промышленных отходов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бандман М. К. Рурский промышленный район: Путевые заметки // Экономика и организация промышленного производства. — 1977. — № 4.
2. Современное состояние природной среды (биосферы) на территории Европы. — Вильнюс, 1972.
3. Barth R. C. Soil-depth requirements to reestablish perennial grasses on surface-mined areas in the Northern Great Plains // Mineral and Energy Resources. — 1984. — Vol. 27, N 1. — P. 1—20.
4. Dewitz W. Oberflächenentwässerung in Rekultivierungsgebieten // Braunkohle. — 1984. — N 10. — S. 312—315.
5. Gaertner E. The impact of resources opencast recovery on the environment, shown for the brown coal district of the Rhineland // 9th World Energy Conf., Detroit, 1974: Trans. — New York, 1975. — Vol. 4. — P. 381—401.
6. Galin R. La rehabilitation des carrieres apres exploitation en France // Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. — 1984. — N 29. — P. 261—263.
7. Gärtner E. Die kranke Umwelt. — Bonn, 1973.
8. Lampe P. Die Wiedernutzung von Industriebrachen im Montan-Revier //

- Information für Raumentwicklung. — 1984. — N 10—11. — S. 995—1002.
9. Lawrill B. J. Regeneration at Weipa bauxite // Mining Magazine. — 1984. — Vol. 150, N 1. — P. 1—20.
  10. Marrs K. H., Bradshaw A. D. Nitrogen accumulation, cycling and the reclamation of China Clay wastes // J. Environ. Managment. — 1982. — Vol. 15, N 2. — P. 139—157.
  11. McCormac D. E. Legislating soil reconstruction on surface mined land in the US // Minerals and Environment. — 1984. — Vol. 6, N 4. — P. 154—156.
  12. Nickeson F. H. Vegetative cover grows directly on acidic mine refuse pile // Coal Mining and Processing. — 1984. — Vol. 21, N 2. — P. 39—43.
  13. Petzold E. Landwirtschaftliche Rekultivierung im rheinischen Braunkohlenbergbau // Z. Kulturtechn. und Flurberein. — 1978. — N 1.
  14. Regional Statistics. — 1980. — N 15.: Edition. — London, 1980.
  15. Remise en état des carrieres et gravieres à des fins agricole // Note Inf. Tech. LCPC. — 1983. — Juin. — 16 p.
  16. Rheinbraun förderte 1976 mehr Braunkohle // Elektrizitätswirtschaft. — 1977, N 2.
  17. Winterhalder K. The use of manual surface seeding, liming, and fertilisation of acid metal-contaminated land in the Sudbury, Ontario mining and smelting region of Canada // Environ. Technol. Lett. — 1983. — Vol. 4, N 5. — P. 209—216.

## EXPERIENCE OF THE RECULTIVATION OF LANDS DISTURBED BY THE MINING INDUSTRY (BASED ON THE EXAMPLE OF SOME CAPITALIST COUNTRIES)

E. Petrova, L. Semenova

### Summary

The paper gives a survey of the scale and rates of increase in the disturbance of natural landscapes under the impact of the mining industry in highly developed capitalist countries. It discusses a number of methodological questions concerning the recultivation of the disturbed areas. An analysis is made of the legislative and economic measures taken by the governments to regulate such activities. The authors point out the main stages and directions of the recultivation work, they analyse the scientific and technological principles for the choice of this or that direction and way of organising landscape reclamation, and describe the practical experience gained in this field by a number of leading capitalist countries. The authors arrive at the conclusion that in the conditions of capitalist exploitation of the natural resources it is impossible to ensure consistent recultivation of disturbed areas and to prevent completely the degradation of natural landscapes.

### ОДИННАДЦАТАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

И. А. Арольд, Л. М. Васильев

Тартуский государственный университет

XI школа молодых ученых проводилась с 17 по 20 сентября 1985 г. в Кохтла-Ярвеском районе Эстонской ССР, в ландшафтном заказнике «Куртнаское камовое поле», расположенном на территории сланцевого бассейна Северо-Восточной Эстонии. Школа-семинар была организована кафедрой физической географии Тартуского государственного университета совместно с Советом молодых ученых географического факультета Московского государственного университета на базе Куртнаского пионерского лагеря им. Зои Космодемьянской.

Школа-семинар посвящалась изучению проблем рационального природопользования и ухода за ландшафтом в районах горных разработок. В работе школы участвовали 74 специалиста разных отраслей наук — географов, геологов, биологов, лесоводов, агрономов, горных инженеров, экономистов и др., среди них 48 человек из Эстонской ССР и 20 из Москвы, а также из Риги, Вильнюса и Минска. Из научных организаций наибольшим числом участников (3 чел.) был представлен Эст. НИИ лесного хозяйства и охраны природы. Кроме научных работников — двух докторов наук, 26 кандидатов и 9 научных сотрудников, еще не имеющих ученой степени, в школе приняли участие 22 студента старших курсов ТГУ (16) и МГУ (6). Куратором школы был доц. Х. Х. Мардисте из Тартуского университета.

В программе школы предусматривались такие темы, как экологические и экономические проблемы добычи полезных ископаемых, охрана воды и почвы на территориях горных разработок, рекультивация разработанных территорий и оптимизация ландшафтов на территории горных разработок. Доклады по этим вопросам заслушивались и обсуждались 17 и 18 сентября, а 19 и 20 сентября состоялись экскурсии для ознакомления с проблемами добычи ископаемых, рекультивации отвалов, охраны и

оптимизации ландшафтов на разработанных территориях сланцевого бассейна.

На заседаниях было заслушано 29 докладов и сообщений, в том числе 12 докладов по вопросам организации добычи горючих сланцев и проблемам рекультивации в сланцевом бассейне Эстонской ССР (А. А. Райк, Р. М. Вахер, Г. П. Паальме, Э. В. Каар, Э. Э. Леэду, Р. Ф. Ратас, А. А. Тоомик, А. К. Нийн, Ю. П. Сультс, Ю. Э. Мандер, О. В. Глотова, А. Ю. Ристкок), 7 докладов по теоретическим вопросам рациональной разработки полезных ископаемых, классификации техногенного рельефа, оптимизации размещения тепловых электростанций, принципов и экономики рекультивации (Б. Б. Родоман, Г. А. Зайцев, С. Н. Бобылев, В. А. Прокопеня, С. В. Николаев, Л. К. Казаков, В. Н. Калущков), 5 докладов по лесохозяйственной, сельскохозяйственной и водохозяйственной рекультивации нарушенных разработками земель и аспектам рекреации (С. А. Хомич, В. П. Чинова, Л. Б. Исаченкова, А. Л. Ключарев, Т. Г. Божьева) и два доклада по проблемам рекультивации в социалистических и капиталистических зарубежных странах (А. В. Петров, Е. Г. Петрова). Три доклада о природе и природопользовании в Северо-Восточной Эстонии, природоохранных исследованиях Куртнаского камового поля и водных ресурсах чудского озера (И. А. Арольд, Я.-М. К. Пуннинг, Л.-П. П. Куллус) зачитывались во время экскурсий.

После обсуждения заслушанных докладов участники школы горячо поздравили с семидесятилетием профессора Э. Ф. Варепа, неутомимого организатора и куратора предыдущих школ охраны природы. Участники предыдущих, ставших традиционными встреч молодых ученых с благодарностью вспоминают его инициативу в выборе тематики, мест проведения школы в Эстонской ССР, маршрутов познавательных экскурсий и его выступления как превосходного знатока географии и истории своей республики. Неоценимы заслуги Э. Ф. Варепа в качестве ответственного редактора в подготовке к изданию трудов школы, которые благодаря его личным усилиям представляют собой стройную, логически построенную серию прекрасно оформленных томов научных сообщений по актуальнейшим вопросам охраны среды. Участники школы тепло поблагодарили Э. Ф. Варепа за его вклад в дело организации школы и пожелали ему новых успехов в его целеустремленной деятельности на поприще изучения и охраны природы.

В свободные от заседаний вечерние часы участники школы познакомились с природой Куртнаского камового поля, достопримечательностями Куремяэского архитектурного ансамбля, а 18 сентября после вечернего заседания состоялся просмотр документальных фильмов Таллинской киностудии, посвященных вопросам охраны природы.

В ходе экскурсий участники школы-семинара ознакомились с



Рис. 1. Маршруты экскурсий XI школы по охране природы. 1 — город; 2 — городской поселок; 3 — сельский населенный пункт; 4 — Куртнаский пионерский лагерь; 5 — экскурсионный объект; 6 — дорога общесоюзного значения; 7 — дорога республиканского значения; 8 — Северо-Эстонский глинт; 9 — граница распространения горючих сланцев промышленного значения; 10 — маршрут экскурсии.

основными способами добычи горючих сланцев, характерными видами нарушений природных комплексов и опытом рекультивации нарушенных карьерами земель, отвалов золы и пустой породы (рис. 1). В первый день экскурсии участники школы осмотрели на территории Ахтмесского лесничества мульды, образовавшиеся в результате просадок земной поверхности над подземными выработками. С проблемами этого вида нарушений природной среды участников ознакомил заведующий лабораторией природопользования ЭстНИИЛХОП Г. П. Паальме. В результате оседания земной поверхности на 1—2 м образуются ложбины, залитые грунтовыми водами, в которых гибнет лес, всплывает моховая подстилка и образуется непроходимая топь. Рекультивация этих ложбин является пока еще нерешенной проблемой.

Далее участники под руководством заведующего лабораторией лесоводства ЭстНИИЛХОП Э. В. Каара ознакомились с лесными культурами на разровненных отвалах пустой породы. 20-летние сосновые, еловые и лиственничные лесонасаждения по условиям роста не уступают лесам в местах естественного произрастания.

С трудностями рекультивации заброшенных золоотстойников Ахтмеской ТЭЦ участников экскурсии ознакомил Г. П. Паальме. На сцементированной поверхности зольного поля при покрытии низинным торфом удастся добиться озеленения в виде многолетнего травостоя и посадки древесных пород — березы бородавчатой и облепихи.

В Таммику были показаны лесные посадки на отвалах пустой породы. В залежи сланцев встречаются прослойки пустой породы, которые при добыче подаются на поверхность вместе с полезным ископаемым. Пустая порода отделяется от сланца на обогатительных фабриках, а оттуда перевозится в отвал. Ранее эта порода транспортировалась в вагонетках по рельсовому пути на терриконы пирамидальной формы. Теперь перевозка отходов производится при помощи автомобилей-самосвалов в отвалы, имеющие форму усеченных конусов. Такие формы техногенного рельефа легче поддаются облесению. С результатами посадки сосны здесь ознакомил участников Э. В. Каар. Посадки на террасах, предварительно покрытых растительным слоем, дают хорошие результаты; на крутых осыпях древесная растительность приживается с трудом.

В рекультивированном Октябрьском карьере ведущий агроном ГПИ «Эстсельхозпроект» Э. Э. Леэду ознакомил участников экскурсии с опытными площадками сельскохозяйственного освоения засыпанного и спланированного карьера. При нанесении достаточно мощного и равномерного слоя плодородной почвы и подачи соответствующих доз удобрений можно по истечении десяти лет добиться урожая зерновых культур, не уступающих по производительности пашням, находившимся здесь до начала разработки карьера.

После посещения города Кохтла-Ярве участники под руководством доцента ТГУ И. А. Арольда ознакомились в Онтика с альварами Северо-Эстонского плато и глинтон.

Вторая экскурсия, которая состоялась 20 сентября, была посвящена вопросам охраны природы в конфликтных ситуациях горно-промышленного района. После обстоятельного доклада зав. сектором Института геологии АН ЭССР доктора географических наук Я.-М. К. Пуннинга под его же руководством состоялось знакомство с Куртнаским камовым полем. Куртнаские мелкохолмистые камы сложены из песка и мелкого гравия. В ложбинах гляциокарстового происхождения между холмами, покрытыми сосновыми насаждениями, расположены живо-

писные озера. На территории 30 кв. км здесь насчитывается 40 озер общей площадью 3,5 кв. км. Озерный ландшафт представляет собой излюбленное место отдыха для кохтла-ярвеских горожан, в результате чего берега озер засоряются и вытаптываются. Для водоснабжения города Йыхви производится водозабор из буровых скважин, заложенных на камовом поле, который вызывает понижение уровня воды в ближайших озерах, достигающее 3 метров. В северной части Камового поля участники осмотрели песчаный карьер Пяччярве, где добыча песка производится экскаваторным и гидротехническим способами.

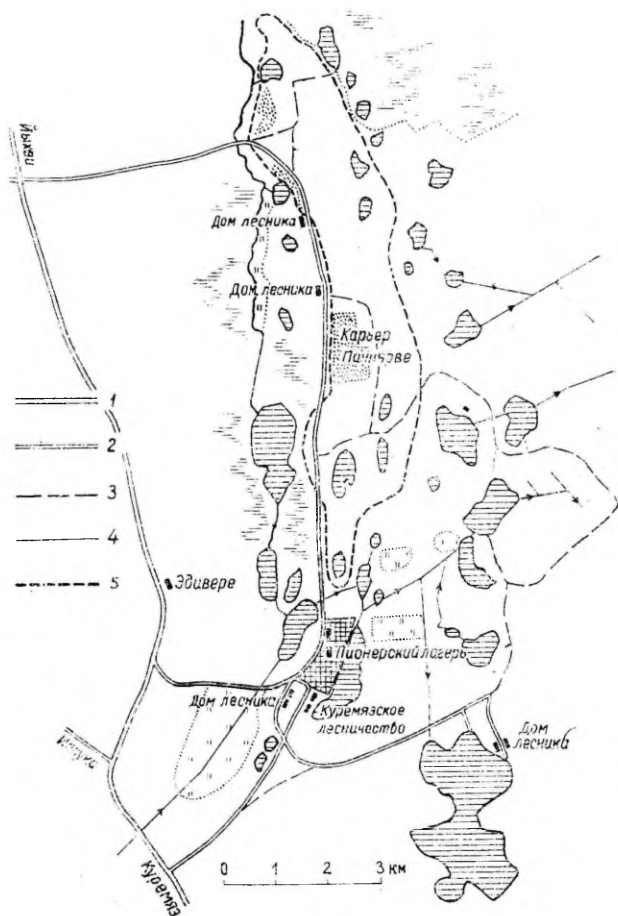


Рис. 2. Куртнаские озера. 1 — дорога республиканского значения; 2 — дорога местного значения; 3 — лесная дорога; 4 — канава, канал; 5 — граница Куртнаского камового поля.



Из болот, опоясывающих камовое поле, экскурсанты посетили восточное — Пухату —, где фрезерным способом производится добыча торфа для Орусского торфобрикетного завода. Миновав Пухатускую болотную равнину, экскурсия прибыла в Васкнарва, к истоку реки Нарвы из Чудского озера. Это озеро, четвертое по величине в Европе, площадь которого 3560 кв. км, а объем 25,2 куб. км, расположено на высоте 30 м над уровнем моря. Оно незначительно евтрофировано и богато промысловыми рыбами (годи́чный улов 34 кг/га). С гидрологическим режимом озера и реки, а также с проблемами использования их водных ресурсов участников ознакомил доент ТГУ Л.-П. П. Куллус.

Далее, по пути вдоль северного берега Чудского озера, участники экскурсии имели возможность ознакомиться с ландшафтами этого побережья. Северный берег Чудского озера опоясан дюнами высотой до 10 м, покрытыми сосновым бором. Это зона отдыха городских жителей Кохтла-Ярвского района.

Дюнный пояс служит южной границей лесо-болотной равнины Алутагузе, образовавшейся на дне подпрудного ледникового озера, и на заболоченной равнине часто встречаются старые береговые образования. Эту равнину пересекает в северо-восточном направлении озово-камовая гряда, к которой приурочена дорога Йыуга-Иллука. В Ййзаку, где начинается эта гряда, была сделана остановка, и доц. И. А. Арольд рассказал участникам о процессах, в результате которых образовалась равнина и гряда, и показал в гравийном карьере их отложения. В исчерпанной части карьера, где произведена рекультивация, участники осмотрели 15-летнюю культуру сосны, которая уже приобретает вид естественного насаждения.

Отсюда по упомянутой выше дороге экскурсия возвратилась обратно в Куртна. Знакомством с девственными ландшафтами Алутагузе завершила свою работу Куртнаская школа охраны природы.

Участниками XI школы по охране природы были: И. Э. Анцане, И. А. Арольд, И. Н. Блинова, С. Н. Бобылев, Т. Г. Божьева, С. В. Бушен, Р. А. Ваппер, Э. Ф. Вареп, Л. М. Васильев, Р. М. Вахер, А. Э. Веллак, А. Г. Воронов, О. В. Глотова, Н. Н. Головина, Е. В. Гордеева, Г. А. Зайцев, М. П. Зейботе, А. Н. Иванов, Л. Б. Исаченкова, Э. В. Каар, И. Л. Кадак, Л. К. Казак, Т. В. Калласте, В. Н. Калуцков, П. К. Кинкс, Е. Г. Королева, Л.-П. П. Куллус, В. Х. Куусеметс, В. В. Кууск, М. Э. Кюлвик, М. Р. Лахтметс, Э. Э. Лезде, М. Э. Лойгу, Ю. Э. Мандер, Х. Х. Мардисте, А. Ф. Мейнер, К. Б. Микк, Р. К. Мялло, Р. А. Мяндр, А. К. Нийн, О. Э. Никодемус, С. В. Николаев, Ю. М. Нуггис, М. Е. Орас, Г. П. Паалме, А. В. Петров, Е. Г. Петрова, В. А. Прокопья, Я.-М. К. Пуннинг, С. Х. Пюви, М. Л. Пютсеп, А. А. Райк, Р. Ф. Ратас, В. А. Рашкаускас, А. Ю. Рист-

кок, Б. Б. Родоман, Ю. М. Роосааре, А. А. Саарнитс, К. О. Сепп, Ю. П. Сультс, Ю. Р. Таевас, А. А. Тедер, М. В. Тооде, А. А. Тоомик, М. А. Тохвер, Л. В. Трушевская, Х. А. Хааб, К. В. Халлико, В. С. Хансен, П. А. Ханссон, А. Х. Хейнсалу, С. А. Хомич, М. Р. Цобель, В. П. Чижова.

## THE ELEVENTH NATURE CONSERVATION SEMINAR FOR YOUNG SCIENTISTS

I. Aroid, L. Vassilyev

### Summary

The Eleventh Nature Conservation Seminar for Young Scientists sponsored by Moscow and Tartu State Universities was held in the Kurtna landscape reserve, Kohtla-Järve district of the Estonian SSR, from 17 to 20 September 1985. The participants included geographers, geologists, biologists, mining engineers, economists, forestry and agronomy specialists from the Estonian SSR, Moscow, Riga, Vilnius and Minsk. The reports and discussions dealt with the problems of rational nature use and landscape care in mining areas, preferably in the burning limestone basin of North-East Estonia. Excursions (figs. 1 and 2) were arranged to acquaint the participants with the North-East-Estonian landscapes, the methods of mining and extracting the limestone, the detritus areas resulting from the mining activities and the experience of their recultivation as well as with the hills, lakes and forests of the Kurtna comes landscape, the lake of Peipsi, the source of the Narva river, and the recreation facilities on the shore of Lake Peipsi.

**Научные труды по охране природы**  
**Ученые записки Тартуского государственного университета**  
**Acta et Commentationes Universitatis Tartuens**

1. **Человек и окружающая среда:** Научные труды по охране природы, 1: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1978. — Вып. 458. — 162 с.
2. **Охрана природы окультуренных ландшафтов:** Научные труды по охране природы, 2: Учен. зап. ТГУ, — Тарту, 1978. — Вып. 475. — 151 с.
3. **Рекреация и охрана природы:** Научные труды по охране природы, 3: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1981. — Вып. 495. — 179 с.
4. **Природные охраняемые территории:** Научные труды по охране природы, 4: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1981. — Вып. 570. — 162 с.
5. **Лахемааский национальный парк:** Научные труды по охране природы, 5: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1982. — Вып. 575. — 80 с.
6. **Охрана внутренних вод:** Научные труды по охране природы, 6: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1982. — Вып. 614. — 151 с.
7. **Лес и охрана природы:** Научные труды по охране природы, 7: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1983. — Вып. 647. — 166 с.
8. **Сельское хозяйство и охрана природы:** Научные труды по охране природы, 8: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1985. — Вып. 701. — 180 с.
9. **Охрана окружающей среды в городах:** Научные труды по охране природы, 9: Учен. зап. ТГУ. — Тарту, 1985. — Вып. 704. — 120 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Сланцевый бассейн Эстонской ССР и рекультивация его горных разработок

И. А. Арольд, Л. М. Васильев. Кохтла-Ярвеский регион — природа и природопользование . . . . .	3
Г. П. Паальме. Роль добычи полезных ископаемых в проблемах природопользования и охраны окружающей среды в Северо-Восточной Эстонии . . . . .	14
Э. В. Каар. Лесохозяйственная рекультивация в сланцевом бассейне Эстонской ССР . . . . .	22
Э. Э. Леэду, Э. Я. Китсе. Сельскохозяйственная рекультивация в сланцевом бассейне Эстонской ССР . . . . .	30
Ю. А. Сультс. Влияние оседания земной поверхности на природную среду в Северо-Восточной Эстонии . . . . .	37
Я.-М. К. Пуннинг. Природоохранные исследования в пределах Куртнаского каменного поля . . . . .	39

### Охрана природы в других горно-промышленных районах

А. В. Дончева. Природно-хозяйственные ситуации экологического значения в промышленно освоенных регионах . . . . .	43
Г. А. Зайцев. Геоморфологические проблемы рекультивации нарушенных земель . . . . .	50
В. Н. Калуцков. Некоторые методические вопросы ландшафтной индикации загрязнения природной среды . . . . .	57
Л. К. Казаков. Оценка устойчивости ландшафтов к выбросам тепловых электростанций . . . . .	66
Б. Б. Родоман. Рекультивация и циклическая смена типов земель в культурном ландшафте . . . . .	75
О. Э. Никодемус, К. К. Раман, П. А. Шарковский. Эффект воздействия загрязнения на насаждения . . . . .	83
Л. К. Казаков, А. Л. Ключарев. Физико-географические особенности перераспределения выбросов Назаровской и Экибастузской ГРЭС . . . . .	93
В. А. Прокопья, В. М. Яцухно. Ландшафтно-технологическая оценка карьерно-отвалных комплексов БССР для целей их оптимизации . . . . .	103

<b>С. А. Хомич.</b> Лимнологический аспект водохозяйственной рекультивации нарушенных земель . . . . .	108
<b>Л. М. Воробьева, Л. Б. Исаченкова.</b> Влияние апатитового производства на развитие геоморфологических и ландшафтно-геохимических процессов в Хибинах . . . . .	113
<b>А. Г. Воронов, Е. И. Голубева, А. В. Маркелов, Н. Я. Минеева, И. А. Соболев.</b> Состояние некоторых компонентов экосистем при обезвреживании и захоронении радиоактивных отходов . . . .	118
<b>Е. Г. Петрова, Л. А. Семенова.</b> Опыт рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью (на примере ряда капиталистических стран) . . . . .	123

### Хроника

<b>И. А. Арольд, Л. М. Васильев.</b> Одиннадцатая школа молодых ученых по охране природы . . . . .	132
--	-----

## CONTENTS

### The estonian limestone basin and the recultivation of disused mining areas

I. Arold, L. Vassilyev. Kohtla-Järve region — its nature and nature use .	13
G. Paalme. The importance of the mining industry in the solution of problems of the utilisation of the natural resources and environmental conservation in North-East Estonia. . . . .	21
E. Kaar. Reafforestation of disturbed areas in the oil-shale basin of the Estonian SSR. . . . .	28
E. Leedu, E. Kitse. Agricultural recultivation in the oilshale basin of the Estonian SSR. . . . .	36
Y. Sults. The influence of the setting of the surface of the earth on the natural environment in North-East Estonia. . . . .	38
J. M. Punning. Nature protection investigations in the Kurtina kame field.	42

### Nature conservation in other mining regions

A. Doncheva. Natural and economic situations of ecologic significance in industrially developed regions. . . . .	49
G. Zaitsev. Geomorphological problems of land recultivation. . . . .	56
V. Kalutskov. Some methodical aspects of using landscapes as indicators of environmental pollution. . . . .	64
L. Kazakov. Landscape resistance to the pollutants discharged by electric power stations. . . . .	73
B. Rodoman. Recultivation and total land rotation in cultural landscapes.	82
O. Nikodemus, K. Ramans, P. Sarkovskis. The effect of pollution on tree stands. . . . .	92
L. Kazakov, A. Klyucharev. Physico-geographical peculiarities of the redistribution of the pollutants from the Nazarov and Ekibastuz thermal power-stations. . . . .	102
V. Prokopenia, V. Yazukhno. Landscape and technological evaluation of disused quarries and detritus areas in order to their optimisation in the Byelorussian SSR. . . . .	107
S. Homich. Limnological aspect of hydro-economical recultivation of disturbed areas. . . . .	112

<b>L. Vorobyova, L. Isachenkova.</b> Influence of apatite mining on the development of geomorphological and landscape-geochemical processes in the Hibinas. . . . .	117
<b>A. Voronov, E. Golubeva, A. Markelov, H. Mineyeva, I. Sobolev.</b> The state of some ecosystem components affected by rendering harmless and burying radioactive waste. . . . .	122
<b>E. Petrova, L. Semenova.</b> Experience of the recultivation of lands disturbed by the mining industry (based on the example of a number of capitalist countries). . . . .	131

### Chronicle

<b>I. Arold, L. Vassilyev.</b> The eleventh nature conservation seminar for young scientists. . . . .	138
---	-----

Ученые записки Тартуского государственного университета. Выпуск 837. Рациональное природопользование и уход за ландшафтом в районах горных разработок. Научные труды по охране природы. 10. На русском языке. Резюме на английском языке. Тартуский государственный университет. ЭССР, 202400, г. Тарту, ул. Юликооли, 18. Ответственный редактор Л. М. Васильев. Корректоры И. Пауска, Л. Хоун, Л. Оноприенко. Сдано в набор 16. III 1987. Подписано к печати 30. XI. 1988. МВ 02913. Формат 60×90/16. Бумага печатная № 2. Высокая печать. Литературная. Учетно-издательских листов 9,52. Печатных листов 9,0+0,5 п. л. вклеек. Тираж 600. Заказ № 1448. Цена 1 руб. 90 коп. Типография им. Х. Хейдеманна, ЭССР, 202400, г. Тарту, ул. Юликооли, 17/19. II



Цена 1 руб. 90 коп.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00138023 9